



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



Universitat de Barcelona



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Máster en Seguridad y Salud en el trabajo:

Prevención de Riesgos Laborales

VALORACIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS PRÁCTICOS EN EL USO DE INSTRUMENTOS TECNOLÓGICOS, PARA LA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS EN LAS ÁREAS DE ILUMINACIÓN Y ACÚSTICA

ESPECIALIDAD: ERGONOMÍA

Alumna: VERÓNICA HERNÁNDEZ TORRUBIANO

Tutor académico: CARLOS CLIMENT HERNÁNDEZ

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN / RESUMEN EJECUTIVO	3
2. OBJETIVOS	5
3. ANTECEDENTES	5
4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN.....	6
1. Procedimiento de verificación	6
2. Justificación del método de recogida de datos	6
3. Elaboración de los cuestionarios.....	7
4. Modelo de cuestionario.....	9
5. Comparativa de los resultados.....	9
6. Justificación del sistema de formación	11
5. METODOLOGIA APLICADA	12
6. RESULTADOS / CONCLUSIONES DE LA FORMACIÓN	13
1. Formación impartida	13
2. Evaluación de la formación	14
3. Propuesta de medidas preventivas	15
7. BIBLIOGRAFIA	16
1. Publicaciones consultadas.....	16
2. Normativa consultada	17
3. Anexo 3	17
8. ANEXOS	22
1. Anexo 1	23
2. Anexo 2	26
3. Anexo 3	48

1. INTRODUCCIÓN / RESUMEN EJECUTIVO

La especialidad de ergonomía es la parte del máster que más interés me ha suscitado y por eso he decidido realizar mi Trabajo de Final de Máster (en adelante TFM) para que aporte un valor añadido práctico a los conocimientos que actualmente se imparten en dicha asignatura. Este interés viene motivado por la inquietud de conocer el funcionamiento de los instrumentos a nivel práctico después de finalizar los estudios teóricos del máster de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante PRL) puesto que tras realizar las prácticas de empresa he constatado que un técnico de prevención debe saber utilizar dichos instrumentos, ya que estos le ayudarán en la toma de decisiones para mejorar la salud de los trabajadores.

Mi TFM se inicia con la verificación de los conocimientos prácticos que poseen los alumnos del máster de PRL en los instrumentos que utilizarán en su inminente futuro profesional. Aun sabiendo que son muchos los instrumentos que utiliza un técnico de PRL, he limitado mi trabajo a la acústica con el uso del sonómetro y a la iluminación con el del luxómetro debido a que considero que ambos instrumentos de un modo sencillo pueden aportar mucha información a las decisiones que debe tomar el técnico en su ejercicio profesional y así mejorar la salud de los trabajadores.

Por ejemplo, con un luxómetro sabemos calcular el nivel de iluminación, pero como técnicos de prevención ¿deberíamos saber más? La respuesta es claramente afirmativa, cualquiera con internet y un luxómetro fácilmente puede medir y verificar si el nivel es el adecuado según el Real Decreto 486/1997. Pero como técnicos de prevención no deberíamos quedarnos ahí sino que hemos de aportar más a nuestro trabajo y poner en duda las premisas básicas que siempre nos han explicado.

Tan importante es un correcto nivel de iluminación en el puesto de trabajo como que no existan deslumbramientos, reflejos, desequilibrios, sombras, parpadeos, la elección del color o incluso el mantenimiento.

En cambio en nuestro entorno laboral cada día vemos a técnicos de prevención que únicamente verifican el nivel de iluminación dando por correcto su trabajo. Aportando la formación práctica busco que reflexionemos y pongamos en tela de juicio lo ya establecido. Puede que sea correcto pero siempre se puede mejorar y se ha de recordar que la salud de los trabajadores es el objetivo de nuestro trabajo.

Para cumplir el objetivo de verificar que los alumnos del máster de PRL poseen los conocimientos prácticos suficientes para la utilización del luxómetro y del sonómetro he elaborado el cuestionario que me ha posibilitado obtener el grado de conocimientos prácticos en el manejo en dichos instrumentos. El cuestionario me sirvió de herramienta de comparación entre los técnicos de prevención y personas que no poseen expresamente esta formación. Al comparar dichos resultados he verificado si los técnicos poseen los conocimientos prácticos para la utilización del luxómetro y del sonómetro.

Pude constatar con los resultados del cuestionario, que los alumnos del máster de PRL no disponen de los conocimientos prácticos específicos en la utilización del sonómetro y del luxómetro. La comparativa entre los resultados obtenidos de los alumnos del máster de PRL y las personas que no poseen dicha formación específica salió muy igualada lo que evidencia que el conocimiento es muy similar.

Una vez determinado que los alumnos del máster de PRL no poseen conocimientos específicos prácticos en los instrumentos que formarán parte de su vida profesional como son el luxómetro y el sonómetro, me planteé como impartir la formación práctica de dichos instrumentos y que a su vez se pudiera verificar la eficacia de dicha formación.

Por este motivo decidí dividir en dos subgrupos a los alumnos del máster de PRL. Al primer subgrupo le impartí la formación práctica de los instrumentos dejando al segundo grupo sin la formación como grupo de referencia. Esto me facilitó al concluir tanto la asignatura teórica reglada en el máster como la formación práctica específica verificar la eficacia de la formación práctica.

Esta formación buscaba tener un carácter inminentemente práctico es por esto que no me centré en los conceptos teóricos que ya se exponen en las asignaturas de máster sino que mi voluntad fue la de generar la formación enfocada al uso práctico de estos instrumentos.

Esta formación se complementó con los manuales técnicos sobre el uso y manejo del luxómetro y del sonómetro que elaboré. En ellos hay una primera parte de conceptos teóricos básicos que facilitaron la comprensión de dichos instrumentos y de sus funciones. Tras los conceptos teóricos se inicia la formación práctica subdividida en el desarrollo de prácticas, enunciados de los ejercicios que realizamos en la formación y finalmente la resolución paso a paso de dichos ejercicios complementados con imágenes que refuerzan la comprensión.

En la parte práctica de los manuales se expone tanto el cómo utilizar los instrumentos, qué verificaciones realizar antes de su utilización e incluso se explica cómo obtener diferentes conceptos con la ayuda de materiales complementarios.

Una vez finalizada la formación del primer subgrupo, aprovechando la convocatoria durante los exámenes de todos los alumnos les propuse la realización de un ejercicio práctico, con este verifiqué que los alumnos que habían realizado el curso podían solucionarlo sin ninguna dificultad mientras que el subgrupo que no poseía la formación en la mayoría de los casos ni siquiera supieron contestar. La realización de esta práctica me facilitó la comprobación de la eficacia de la metodología propuesta.

Tras todo el análisis, mi TFM concluye con la reflexión de que para que se aporte un valor añadido práctico a los conocimientos que actualmente se imparte en el máster se debería incorporar como medida preventiva la formación específicamente práctica de los instrumentos tecnológicos que los técnicos de prevención utilizarán en su inminente futuro profesional que les ayudarán en la toma de decisiones para mejorar la salud de los trabajadores.

2. OBJETIVOS

La finalidad de mi trabajo de final de máster es aportar un valor añadido práctico a los conocimientos previamente adquiridos en el máster de PRL para complementar la especialidad de ergonomía. Mi propósito es que los alumnos del máster profundicen sus conocimientos prácticos para la correcta utilización del luxómetro y del sonómetro, definiendo por correcta que los datos que les aportan los instrumentos los entiendan; así mismo: que les faciliten su toma de decisiones en su vida profesional.

Para obtener dicha finalidad voy a centrar mis objetivos en:

- Verificar que los alumnos del máster de PRL poseen los conocimientos prácticos suficientes para utilizar el luxómetro y el sonómetro.
- Formar a los técnicos de prevención con conocimientos prácticos en luxómetro y sonómetro.
- Comprobar la eficacia metodología propuesta, comparando el grupo de técnicos que han recibido la formación con los que no la han recibido.

3. ANTECEDENTES

Finalizando los estudios del máster y habiendo realizado las prácticas regladas pude corroborar que no poseía los conocimientos prácticos suficientes de los instrumentos que como técnico de prevención debería emplear en el ejercicio de mi vida profesional. La realización de este TFM tratará de aportar un valor añadido de carácter práctico a los conocimientos que actualmente se imparten en la asignatura de ergonomía, ya que son varios los instrumentos que facilitan la toma de decisiones del técnico como son los luxómetros, sonómetros, termohigrómetros, psicrómetros, sondas de dióxido de carbono,...

He centrado mi trabajo únicamente en el uso práctico del luxómetro y sonómetro debido a que considero que los datos que facilitan estos instrumentos ayudan especialmente en la toma de decisiones de los técnicos.

Independientemente de la especialidad por la que nos decantemos son comunes en nuestro ejercicio profesional.

Una vez empecé a profundizar en los instrumentos sonómetro y luxómetro descubrí que por ejemplo en el caso del luxómetro utilizando unos materiales complementarios podíamos medir otros parámetros además del nivel de iluminación, hecho que me pareció muy destacable para la formación práctica que realicé a los alumnos del máster de PRL, puesto que al igual que yo desconocían que con un luxómetro se pudiese medir otros parámetros.

4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

4.1. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

Para verificar si los alumnos del máster de prevención poseen conocimientos prácticos en los instrumentos luxómetro y sonómetro generé una herramienta con la que recoger los datos para poder comparar si los resultados obtenidos por los técnicos diferían mucho de los resultados que obtenidos al pasar esa misma herramienta a personas que no poseían dicha formación específica. Lo he conseguido, a partir del cuestionario, que ha sido fundamental para realizar este TFM.

4.2. JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE RECOGIDA DE DATOS

El primer punto fue delimitar qué quería obtener con la recogida de datos. Necesitaba verificar el grado de conocimientos prácticos en los instrumentos luxómetro y sonómetro y por lo tanto buscaba una herramienta que me permitiera, sin la utilización de dichos instrumentos verificar sus conocimientos prácticos.

El segundo punto a considerar fue que el resultado que obtuviera con el cuestionario, realmente me aportará la información necesaria para verificar si los alumnos del máster poseen conocimientos prácticos sobre los instrumentos.

Inicié la búsqueda analizando los diferentes procedimientos que existen para la recogida de datos. Estos se dividen en métodos directos e indirectos.

Los métodos directos están centrados en la observación, con esta herramienta podré observar la habilidad de los alumnos del máster con los instrumentos y verificar si saben utilizarlos o no. Pero descarté esta opción en el análisis de la recogida de datos debido a que los alumnos del máster no habían finalizado los estudios teóricos de la asignatura en ese momento.

Con los métodos indirectos de entrevista y cuestionario, analicé los pros y los contras que existen entre ambas herramientas para justificar cuál sería más útil para verificar si los alumnos poseían conocimientos prácticos.

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
ENTREVISTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor acceso a respuestas. 2. Tiene flexibilidad para adaptarse a las personas y a las circunstancias, se pueden aclarar y repetir las preguntas. 3. Da garantía de que la respuesta es individual; por escrito puede hacerse en grupo o sugerida por otra persona. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesidad de instrumentos. 2. Resultados en función del número de respuestas y de la precisión y/o sinceridad con que den esas respuestas. 3. Dificultad en la interpretación de resultados. 4. Limitación en la expresión verbal 5. Dificultad de acceso a los participantes. 6. Influencia en la obtención de los resultados por parte del entrevistador 7. Exige más tiempo y dinero

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CUESTIONARIO</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permite planificar previamente qué es lo que se va a preguntar, de tal manera que asegura que no se olvidarán los puntos más importantes, y que se precisará tanto como se desee en las preguntas. 2. Es más económica (tiempo y dinero) que otras técnicas puesto que permite la aplicación masiva 3. En el caso de variables complejas, el cuestionario permite desglosar estas variables en distintos aspectos de las mismas, de tal manera que a través de diversas preguntas se puede conocer la variable compleja. 4. El cuestionario es fijo y no debe variarse, lo que permite la comparación con otras investigaciones sobre ese tema. 5. Aporta información puntual en un preciso momento. Por lo tanto los resultados obtenidos pueden ser sometidos a cambio en el tiempo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menor porcentaje de respuestas. 2. Limitación en la comprensión de las preguntas 3. Resultados en función del número de respuestas y de la precisión y/o sinceridad con que den esas respuestas. 4. Obligar al encuestado a elegir una sola respuesta reduce mucho la información que podría ofrecerte
--	---	--

Con este análisis y la necesidad de verificar los conocimientos prácticos de los futuros técnicos de PRL en los instrumentos luxómetro y sonómetro, llegué a la conclusión de que elaborar un cuestionario con preguntas técnicas sobre el manejo y la utilización de estos instrumentos es la forma más adecuada y conveniente para analizar los resultados de mi trabajo.

El cuestionario es un proceso estructurado de recogida de información a través de la cumplimentación de una serie de preguntas que nos permite obtener información sobre un problema o un aspecto de éste, a través de una serie de preguntas, previamente establecidas, dirigidas a las personas implicadas en el tema del estudio.

4.3. ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO

a) Definición del grupo de estudio

El cuestionario se ha distribuido a dos grupos de estudio, el primero estará formado por los alumnos del máster de prevención de riesgos laborales, que es lo que denominamos el grupo de casos y el segundo grupo por personas que no posean dichos conocimientos pero si formación básica que serán el grupo de control.

El grupo de control se compone de dos subgrupos, el primero lo forman universitarios igual que los estudiantes que han optado por realizar el máster y un segundo grupo sin estudios universitarios. Con esto se ha querido verificar si el estar en posesión de estudios universitarios te dota de conocimientos prácticos de los instrumentos de estudio.

El número de participantes será en ambos grupos el mismo para facilitar el análisis y su comparación. Asumo que el número de los grupos es bastante reducido para sacar conclusiones pero nos dará un dato de estudio.

La edad del grupo de los alumnos del máster de prevención, se sitúa en el intervalo entre 25 y 40 años, mientras que la del grupo de personas sin formación específica en prevención, se sitúa en el intervalo entre 25 y 60 años.

b) Determinación del tiempo para completar el cuestionario

Un cuestionario debe partir de la base de que si no se finaliza no tiene utilidad, por esto es tan importante el tiempo que debe invertir cada participante.

Existen múltiples estudios que analizan este factor y se suele estipular que un cuestionario de entre 10 y 20 preguntas evita la contaminación de resultados por fatiga del participante. En estos también se determina que el tiempo máximo por cuestionario no debería exceder los 8 minutos para evitar una respuesta aleatoria o la falta de respuestas del participante.

c) Determinación del tipo y número de preguntas

Para realizar la determinación del tipo de preguntas previamente voy a analizar las posibilidades que existen y junto con los requerimientos que necesito justificaré la selección.

Los cuestionarios pueden realizarse con preguntas de respuesta abierta o cerrada en el caso de las pregunta cerrada se puede dividir las respuestas dicotómica o múltiple respuesta.

		VENTAJAS	INCONVENIENTES
RESPUESTA ABIERTA		1. Mayor libertad de respuesta. 2. Se obtiene información extra. 3. Permiten expresar actitudes y opiniones.	1. Son difícil de codificar. 2. Difícil comparativa entre grupos. 3. Permite divagar sino se tiene la respuesta correcta.
RESPUESTA CERRADA	MÚLTIPLE	1. Permiten preguntas técnicas. 2. Fáciles de analizar. 3. Fácil comparativa. 4. Menos tiempo para la resolución. 5. Se pueden plantear problemas.	1. Dificultad en el diseño de las preguntas adecuadas. 2. Aciertos al azar.
	SIMPLE	1. Solo dos alternativas. 2. Fáciles de analizar. 3. Fácil comparativa. 4. Menos tiempo para la resolución.	1. Se pierde información. 2. Aciertos al azar. 3. Se requieren mayor número de preguntas para mitigar los efectos del azar. 4. Mayor probabilidad de contaminación por fatiga del participante.

Con este análisis y la necesidad de verificar los conocimientos prácticos de los futuros técnicos de PRL en los instrumentos luxómetro y sonómetro, llegué a la conclusión de que elaborar un cuestionario con preguntas técnicas con respuesta de múltiple sobre el manejo y la utilización de estos instrumentos es la forma más adecuada y conveniente para analizar los resultados de mi trabajo.

d) Determinación de posibles tipos de errores

Antes de elaborar el cuestionario analicé los tipos de errores que se pueden generar al realizar una recogida de datos con la utilización del cuestionario. Estos errores son los errores de muestreo y los errores sistemáticos o de sesgos o ajenos al muestreo.

Los errores de muestreo se cometen como consecuencia del diseño de la muestra y son originados por la diferencia de los valores obtenidos en el muestreo, esto sucede cuando la muestra seleccionada es pequeña y no representa exactamente toda la población.

Por otro lado, los errores sistemáticos o de sesgos o ajenos al muestreo se cometen como consecuencia de las imperfecciones o limitaciones en la recogida de la información.

4.4. MODELO DEL CUESTIONARIO

Una vez determinados los parámetros necesarios elaboré el cuestionario que adjunto en el anexo 1. Este consta de: a) Objeto del cuestionario, b) Información sobre el cuestionario y c) El cuestionario.

En el objeto del cuestionario se exponen los motivos que me llevaron a redactar dicho cuestionario y en la información sobre el cuestionario se detallan las pautas para contestarlo.

4.5. COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS

Con los cuestionarios ya contestados analicé los resultados para verificar si los conocimientos prácticos de los técnicos de prevención en los instrumentos luxómetro y sonómetro eran diferentes de las personas que no poseían esta formación específica pero si una carrera universitaria como se requiere para acceder al máster de prevención.

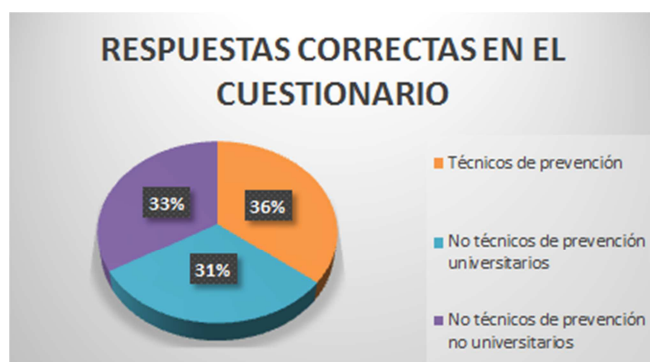
Además encontré interesante corroborar si el estar en posesión de un título universitario te facilitaba el conocimiento práctico de estos instrumentos.

Antes de analizar los resultados, valoré la relevancia que tenían los tipos de errores que se generan al recoger los datos utilizando el cuestionario.

El error de muestreo consideré que está presente en la muestra en un porcentaje no representativo. Esto está justificado debido a que participaron aproximadamente un 94% de los alumnos del máster (grupo de casos), por lo que considero que los datos obtenidos no pueden provocar que la muestra no represente exactamente a toda la población y se descarta el error de muestreo.

Por otro lado descarté la introducción de errores sistemáticos o de sesgos debido a que no se han dado limitaciones en la recogida de datos, es decir han contestado el 100% de las preguntas y no se detecta que las respuestas sean falsas o inventadas puesto que los resultados de los tres grupos son equivalentes.

En la gráfica 1 se presentan los resultados totales de respuestas correctas en el cuestionario de los tres grupos de análisis, el de técnicos de prevención, el de universitarios y el de no universitarios. Como se puede observar disponer de estudios universitarios o específicos del máster de prevención no aporta un conocimiento práctico superior en los instrumentos luxómetro y sonómetro. Los resultados absolutos son iguales en los tres grupos.



GRÁFICA 1. RESPUESTAS CORRECTAS EN EL CUESTIONARIO

Las gráficas 2 y 3 representan los resultados de los cuestionarios en función del instrumento. En ellas se puede observar al igual que en la anterior que los conocimientos son muy similares entre los tres grupos aunque con este grupo de análisis se observan pequeñas diferencias.

Cuando analicé con más profundidad los datos obtenidos en las respuestas sobre el instrumento luxómetro (gráfica 2) podemos apreciar que tanto los técnicos de prevención como los universitarios poseen los mismos conocimientos prácticos y que los no universitarios estarían en un nivel inferior.

En la gráfica de las respuestas del sonómetro (gráfica 3) se puede observar que tanto los técnicos como los universitarios poseen prácticamente el mismo porcentaje de nivel de conocimiento. Sin embargo destaca que el conocimiento de los no universitarios en la muestra obtenida ha sido superior.

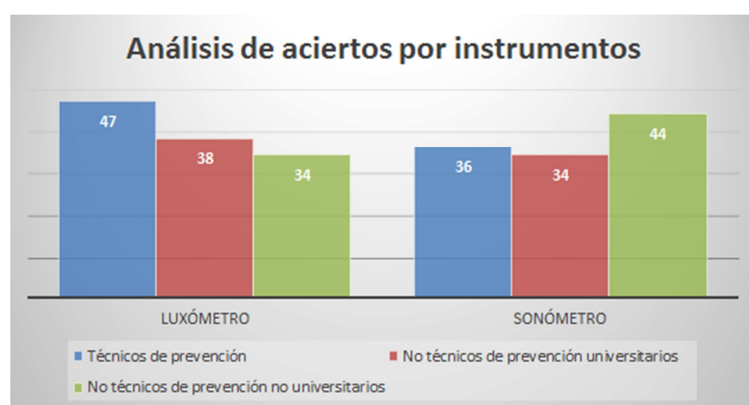


GRÁFICA 2. RESPUESTAS CORRECTAS: LUXÓMETRO



GRÁFICA 3. RESPUESTAS CORRECTAS: SONÓMETRO

Finalmente en la gráfica de barras (gráfica 4) se observa el número de respuestas acertadas en función del grupo y del instrumento.



GRÁFICA 4. ANÁLISIS DE ACIERTOS POR INSTRUMENTO

4.6. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE FORMACIÓN

Una vez analizados los resultados y después de verificar la necesidad de formación práctica de los instrumentos luxómetro y sonómetro, seleccioné la forma más adecuada para impartir dicha formación.

VENTAJAS		INCONVENIENTES	
PRESENCIAL	1. Facilidad de formación práctica.	1. Dificultad en la formación personalizada.	
	2. Interactuación directa alumno/profesor.	2. Con grupos numerosos la formación puede resultar ineficaz.	
	3. Promueve el aprendizaje.		
	4. Disponibilidad del material del centro.		
	5. Respuesta inmediata ante dificultades.		
A DISTANCIA	1. Elimina barreras geográficas	1. Dificultad en la formación práctica.	
	2. Flexibilidad de horarios.	2. Mínima interacción alumno/profesor.	
	3. Incorpora herramientas tecnológicas para el manejo de la información.	3. Facilidad en el aislamiento del alumno.	
		4. Obliga a que cada alumno disponga de los instrumentos de aprendizaje.	
		5. Mayor tiempo de respuesta para resolver dificultades.	
VENTAJAS		INCONVENIENTES	
EXPOSICIÓN	1. Mayor interacción con el alumno.	1. Dificultad en seguir todos los pasos con exactitud.	
	2. Facilidad en la solución de dudas planteadas.		
	3. Verificación del seguimiento instantáneo.		
MANUAL	1. Guía paso a paso.	1. Lenguaje técnico	
	2. Lo pueden consultar en cualquier momento.		
	3. Documento muy visual.		

Con este análisis y partiendo de la base de que necesitaba un método que me permitiera aportar conocimientos prácticos de los instrumentos luxómetro y sonómetro, llegué a la conclusión de que realizar una formación presencial con apoyo tanto de una exposición del manual sobre el manejo y la utilización del luxómetro y el sonómetro era la forma más adecuada y conveniente para alcanzar la finalidad de mi trabajo de final de máster recordando que es aportar un valor añadido práctico a los conocimientos previamente adquiridos en el máster de PRL para complementar la especialidad de ergonomía.

También tuve que determinar a quién iría dirigida la formación puesto que necesitaba verificar la eficacia de ésta. Por este motivo decidí dividir en dos subgrupos a los alumnos del máster de PRL. Al primer subgrupo le impartí la formación práctica de los instrumentos dejando al segundo grupo sin la formación como grupo de referencia. Esto me facilitó al concluir tanto la asignatura teórica reglada en el máster como la formación práctica específica verificar la eficacia de la formación práctica.

5. METODOLOGÍA APLICADA

Una parte importante de mi TFM es la formación que impartí a los alumnos del máster. Esta formación buscaba tener un carácter principalmente práctico, es por esto que no me centré en los conceptos teóricos que ya se exponen en las asignaturas del máster sino que mi voluntad fue la de generar la formación enfocada al uso práctico de estos instrumentos.

Una vez determinado el sistema de formación elaboré el manual de iluminación basado en el funcionamiento práctico del luxómetro modelo TESTO 545 y el manual de acústica basado en el funcionamiento práctico del sonómetro modelo CESVA SC-2C.

El acceso a estos instrumentos se ha realizado gracias a la colaboración realizada con CERPIE, quienes me han facilitado los instrumentos de los que dispone el departamento y que con posterioridad a este TFM utilizarán en la formación práctica de los alumnos del master de PRL complementándola con los manuales prácticos que he elaborado que se adjuntan en los anexos 2 y 3.

Los manuales técnicos sobre el uso y manejo del luxómetro y del sonómetro que elaboré están estructurados básicamente en dos partes. En la primera parte se exponen conceptos teóricos básicos que facilitan la comprensión de dichos instrumentos y de sus funciones. En la segunda parte se expone el desarrollo práctico de los instrumentos. Esta segunda parte está estructurada en la descripción paso a paso de la utilización de los instrumentos, los ejercicios y la resolución de dichos ejercicios.

El apartado denominado conceptos básicos lo elaboré a partir de la lectura de los manuales de uso de los instrumentos y cuestionándome todo aquello que alguien sin formación específica podría no comprender. Por lo tanto son conceptos necesarios para la utilización tanto del luxómetro como del sonómetro. Además en el caso del luxómetro incluí diferentes conceptos de iluminación que se pueden medir con la ayuda de un luxómetro y material complementario de una manera bastante sencilla y que en cambio aportan mucha información a las condiciones de los puestos de trabajo.

Tras los conceptos básicos se inicia la formación práctica subdividida en el desarrollo de prácticas, enunciados de los ejercicios que realizamos en la formación y finalmente la resolución paso a paso de dichos ejercicios complementados con imágenes que refuerzan la comprensión.

En la parte enunciada como práctica de los manuales se expone tanto el cómo utilizar los instrumentos, qué verificaciones realizar antes de su utilización e incluso se explica cómo obtener diferentes conceptos con la ayuda de materiales complementarios. En este apartado están detallados los pasos a seguir para la obtención de los conceptos o parámetros previamente explicados.

Tras la explicación de las prácticas enumeré una serie de ejercicios para que los alumnos realizasen en la formación.

Y finalmente en el apartado resolución de los ejercicios, detallé que pasos se han de seguir para obtener los conceptos expuestos en las prácticas, este apartado lo complementé con imágenes que tomé mientras yo misma realicé todas las prácticas de manera que fue más visual el seguimiento del proceso.

6. RESULTADOS / CONCLUSIONES DE LA FORMACIÓN

6.1. FORMACIÓN IMPARTIDA

Una vez realizados los manuales y preparada la formación, informé a los técnicos de prevención que iba a realizar la formación práctica. Seleccioné para la formación tan solo a la mitad de los alumnos porque la otra mitad la utilicé como grupo de referencia para determinar la eficacia de la formación impartida.

La formación se realizó en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. Con la voluntad de favorecer la cohesión y facilitar la formación práctica nos reunimos alrededor de una mesa redonda sin sillas donde todos los alumnos tenían acceso directo a los instrumentos de manera que la formación fuese más dinámica y práctica.

Durante la formación expuse al grupo de alumnos seleccionados los conceptos teóricos con el soporte del manual donde se detalla paso a paso el procedimiento a seguir para obtener los conceptos teóricos. Ellos preguntaban las dudas que les surgían y exponían sus reflexiones al resto del grupo.

En la formación, los alumnos utilizaron los instrumentos y descubrieron diferentes alternativas que estos instrumentos pueden aportarles y que desconocían como ellos mismos comentaron. En el caso del luxómetro les sorprendió que se pudiesen verificar tantas características de los puestos de trabajo con un único instrumento y unos materiales de sencilla adquisición.

El sonómetro del que dispusimos es un sonómetro que debido a sus características les dio menos juego por el hecho en que no podíamos escoger parámetros puesto que al tener un único rango lo mide todo sin demasiadas dificultades. Por lo tanto la formación se centró más en lo que deben verificar antes de utilizar un sonómetro.



FOTOGRAFIA REALIZADA DURANTE LA FORMACIÓN

Mi valoración es que esta formación fue muy dinámica y constaté que los alumnos están muy interesados en aprender el funcionamiento práctico de los instrumentos que formarán parte de su vida profesional.

Al final de la formación les entregué una copia de los manuales para que pudieran consultarla en su inminente futuro profesional.

6.2. EVALUACIÓN DE LA FORMACIÓN

La conclusión final sobre la eficacia de la formación al grupo preseleccionado, me vino confirmada después de la realización de la prueba que acabé realizando a todos los alumnos del máster durante el examen de ergonomía II.

La evaluación consistió en que debían explicar si con la ayuda de un luxómetro se podía calcular el contraste. Los resultados obtenidos evidencian de manera contundente que los alumnos que asistieron a la formación práctica consolidaron sus conocimientos prácticos.

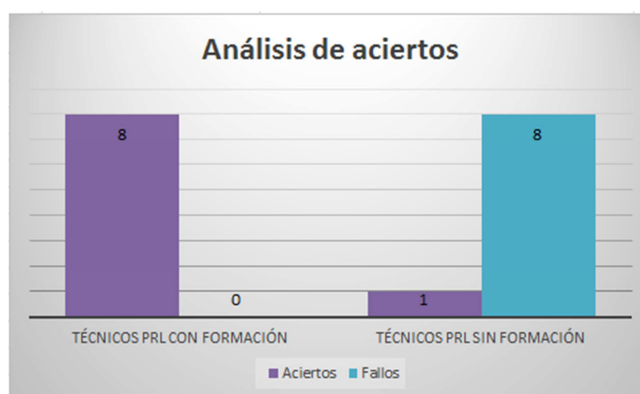
Todo el grupo de técnicos de PRL con formación práctica contestó afirmativamente a la pregunta y todos con mayor o menor precisión supieron explicar la metodología que se debe seguir para obtener el cálculo del contraste (gráfica 5). En cambio los técnicos que no realizaron la formación tras preguntarles si con un luxómetro se podía calcular el contraste contestaban rotundamente “no se puede” o “no tengo ni idea”. Todos excepto un alumno que explico de manera muy detallada que procedimiento debía realizarse (gráfica 6).



GRÁFICA 5. EVALUACIÓN DE FORMACIÓN DE TÉCNICOS DE PRL CON FORMACIÓN PRÁCTICA



GRÁFICA 6. EVALUACIÓN DE FORMACIÓN DE TÉCNICOS DE PRL SIN FORMACIÓN PRÁCTICA



GRÁFICA 7. NÚMERO DE RESPUESTAS ACERTADAS EN REFERENCIA A LA FORMACIÓN DEL MUETREO

6.3. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS

Tras realizar el análisis de la valoración de los conocimientos prácticos en el uso de instrumentos tecnológicos, para la obtención y análisis de datos en las áreas de iluminación y acústica como técnico superior de prevención de riesgos laborales propongo la incorporación de la formación práctica en la metodología del aprendizaje de los futuros técnicos de prevención.

Actualmente el departamento ya dispone de estos instrumentos, lo que facilita la puesta en funcionamiento de esta formación práctica con una reestructuración de las horas lectivas para impartir esta formación.

Esta medida aportará un valor añadido práctico a los conocimientos que actualmente se imparten en el máster y ayudará en la toma de decisiones de los técnicos de prevención en el ejercicio de su trayectoria profesional para mejorar la salud de los trabajadores.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1. PUBLICACIONES CONSULTADAS

- Castejón, Agustín y Santamaría, Germán, 1993, **Tecnología eléctrica**, McGraw-Hill
- Comité Español de Iluminación, 2001, **Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Oficinas**. IDAE.
- Cyril M. Harris, 1995, **Manual de medidas acústicas y control del ruido**, McGraw-Hill
- De Pedro, Oscar y Gómez, Miguel Á, 2001, **Ergonomía 4. El trabajo en oficinas**. Edicions UPC
- Fundación Mapfre, 2003, **Iluminación y seguridad**, Editorial Mapfre
- Gregori, Enrique, **Mediciones con luxómetro**, Apuntes de ergonomía
- Llana, F. Javier, 2007, **Ergonomía y psicología aplicada**, Editorial Lex Nova
- Martín, Francisco, 2007, **Instalaciones de iluminación**, Fundación Escuela de la Edificación.
- Menéndez Díez, Faustino, 2009, **Higiene industrial**, Editorial Lex Nova
- Mondelo, Pedro R., Gregori, Enrique y Barrau, Pedro, 2001, **Ergonomía 1. Fundamentos**. Edicions UPC
- Mondelo, Pedro R., Gregori, Enrique, Blasco, Joan y Barrau, Pedro, 1998, **Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo**. Edicions UPC
- Mondelo, Pedro R., 2014, **La iluminación y ambiente visual**, Apuntes de ergonomía
- OIT, 2012, **Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo**, [<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/46.pdf>]
- OIT, 2012, **Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo**, [<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/47.pdf>]
- Ramírez Vázquez, José, 1993, **Luminotecnia. Enciclopedia CEAC de electricidad**. Ediciones CEAC
- Recuerdo López, Manuel, 1999, **Acústica arquitectónica aplicada**, Editorial Paraninfo
- Yáñez, Guillermo, 2008, **Arquitectura solar e iluminación natural: conceptos, métodos y ejemplos**. Editorial Munilla-Lería

7.2. NORMATIVA CONSULTADA

- Documentos Técnicos: La Iluminación en los Lugares de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Guía Técnica: Lugares de Trabajo (interpretación y aplicación del R.D. 486/1997 de 14 de Abril). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
- NTP 283: Encuestas: metodología para su utilización
- NTP 107: Diseño y realización de entrevistas
- UNE-EN ISO 12999-1:2014 Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios.

7.3. RECURSOS DIGITALES CONSULTADOS

RECOGIDA DE DATOS

- Borges del Rosal, África – 2007- [<http://aborges.webs.ull.es/ep%20tema%204.pdf>]
- Cabrero García, Julio - Richart Martínez, Miguel –2013- [http://www.aniorte-nic.net/apunt_metod_investigac4_9.htm]
- Campoy, Tomás J. y Gomez, Elda. **Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos**, Editorial EOS
[http://www2.unifap.br/qtea/wp-content/uploads/2011/10/T_cnicas-e-instrumentos-cualitativos-de-recogida-de-datos1.pdf]
- Carra Molino, Beatriz - Jun 18, 2008 –
[<http://beatenea.wikispaces.com/file/view/Metodolog%C3%ADa+Encuestas.pdf>]
- Expósito López, J -2004- [<http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/4558/13/12-Cap%C3%ADtulo%208-2.pdf>]
- González, S. L 2010, May 11 [<http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/promocion-de-la-salud/material-de-clase/metodos-de-valoracion-cuestionarios>]
- Instituto de Ciencias de la Educación - ICE - Universidad de Barcelona - Sección Búsqueda – 2005 [<http://www.ub.edu/ice/recerca/fitxes/fitxa8-cast.htm>]
- López Ruiz, Mtra. Martha y Schmelkes, Mtra. Corina - Julio, 2002 –
[<http://investigaciondecampo.blogspot.com.es/2015/03/otras-lecturas.html>]
- Marbán Gallego, Vicente -
[http://www3.uah.es/vicente_marban/ASIGNATURAS/SOCIOLOGIA%20ECONOMICA/TEMA%205/tema%205.pdf]
- Medina, Fernando - [<http://www.cepal.org/deype/mecovi/docs/taller1/20.pdf>]

- Méndez Perez, Jesús María - 2014- [<http://ocw.um.es/transversales/utilizacion-del-podcast-como-recurso-educativo-en/material-de-clase-1/ii-07-los-instrumentos-de-recogida-de-informacion.pdf>]
- Murillo, F. Javier - Universidad Autónoma de Madrid - [https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Presentaciones/Cuestionario_Escalas.pdf]
- Pino Juste, Margarita – [<http://mpino.webs.uvigo.es/tecnicasdeinv.pdf>]
- Tapia Moreno, Dr. Francisco Javier – 2010- [<http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20%28C%C3%B3mo%20disen%C3%B1ar%20una%20encuesta%29/C%C3%B3moElaborarUnCuestionario.pdf>]
- Universidad Europea de Madrid- [<http://biblioteca.uem.es/es/aprendizaje-y-formacion/citas-bibliograficas-documentos/como-citar-documentos-electronicos>]
- Universitat Politècnica de Catalunya. Servei de Biblioteques Publicacions i Arxius. Iniciativa Digital Politècnica - [<http://publica.upc.edu/ca/estil/bibliografies>]

ILUMINACIÓN

- Artelum – 2015 – [http://www.artelum.com.ar/datosutiles_refle.asp]
- Boscarol, Mauro - 2007 - [http://www.gusqsm.com/luminancia_factor_de_luminancia]
- Carreto, Alejandro - Apuntes Científicos" 2011-2012 – [<http://apuntescientificos.org/tablas-iluminacion.html>]
- Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Gipuzkoa – 2005 – [<http://www.coiig.com/COIIG/dmdocuments/Ofertas%20especiales/luxometro/LUXOMETRO%20TESTO%20545.pdf>]
- Comunidad ERGO- 2015 - [<http://www.ergonomia.cl/eee/Inicio/Inicio.html>]
- Comunidades de divulgación científico técnica. Elergonomista.com - [<http://www.elergonomista.com/index.htm>]
- Deibele, Cristian – [http://www.prevenet.com.ar/FormulariosSYSO/Taller_Iluminaci%C3%B3n.pdf]
- FLIR Systems, Inc- 2015- [http://www.flir.com/uploadedFiles/Extech/US_Datasheets/Light_Meters/HD450_UM_sp.pdf]
- FREMAP - [<http://prevencion.fremap.es/Buenas%20prcticas/ME.TRI.015.pdf>]
- García Fernandez, Javier, Boix, Oriol - [<http://recursos.citcea.upc.edu/Illum/indice.html>]
- Hernández Calleja, Ana - Ramos Pérez, Fernando -2011 - [<http://www.tecun.com/emdt/120119/RinconTecnico.pdf>]

- HYDROENVIRONMENT - 2015-
[http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=222]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – José Alberto Sanz Merinero - Olga Sebastián García-
[<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Aplicaciones/ficherosCuestionarios/CUEST%20C003%20ILUMINACION.PDF>]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo –
[<http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/menuitem.8b2d6abdbe4a374bc6144a3a180311a0/?vgnnextoid=43e3cd01fd4b2310VgnVCM1000008130110aRCRD>]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo - MPG Sanz –
[<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>]
- INDALUX- 2002-
[http://www.ehu.eus/alfredomartinezargote/tema_4_archivos/luminotecnia/05%20Magnitudes%20luminosas.pdf]
- Member of the Schröder Group – 2015 – [<http://www.schreder.com/cls-es/Centro-Formacion/Esencial-Alumbrado/Pages/Luminance.aspx>]
- PCE GROUP – [<https://www.pce-instruments.com/espanol/media/manuales/manual-luxometro-pce-172.pdf>]
- Prevention World - 2012 – [<http://prevention-world.com/foro/viewtopic.php?f=13&t=77574>]
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo- 2012-
[<http://www.srt.gob.ar/adjuntos/prevencion/guiailuminacion.pdf>]
- TESTO AG – 2015 – [http://www.testo.es/detalles_producto/0560+0545/testo-545-Luxometro]
- TESTO AG – 2006 – [<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/09da/0900766b809da896.pdf>]
- Tiravanti, Eduardo - [<http://www.stilar.net/Archivos%20Web/Iluminacion%20Industrial.pdf>]
- Universidad Politécnica de Valencia –2015 - [<http://www.ergonautas.upv.es/>]
- V Technologies & Solutions México – [<http://www.vtsmexico.com/educacion-luminica.php>]
- V Technologies & Solutions México – 2011 –
[http://www.vtsmexico.com/files/curso_electromagnetico_y_luminoso.pdf]
- Veto y Cía. – 2010 –
[http://www.veto.cl/index.php?page=shop.getfile&file_id=4859&product_id=2965&option=com_virtuemart&Itemid=1547&lang=es]
- Wikipedia – 2015 - [https://es.wikipedia.org/?title=Iluminaci%C3%B3n_f%C3%ADsica]

ACÚSTICA

- Anguera, Silvia – 2012- [<http://www.cirrusresearch.es/que-son-las-ponderaciones-de-frecuencia-a-c-y-z/>]
- Azpiroz, Borja - [<http://escenografia.cl/acustica.htm>]
- Brüel & Kjaer – [<http://www2.asepeyo.es/apr/apr0301.nsf/ficheros/HAF0612014%20BRUEL.pdf>]
- Cali, Miguel - 2008- [<http://miguelcali.blogspot.com.es/2008/10/practica-sonometro.html>]
- Casado García, Mario Enrique – 2009 - [<http://mecg.es/archivos/Redes%20de%20ponderaci%C3%B3n%20ac%C3%B3stica.pdf>]
- Comunidad ERGO- 2015 - [<http://www.ergonomia.cl/eee/Inicio/Inicio.html>]
- Comunidades de divulgación científico técnica. Elergonomista.com - [<http://www.elergonomista.com/index.htm>]
- Curso de Acústica creado por GA – 2003 – [<http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/inmes/inmes.html>]
- Diputación Foral de Bizkaia - [http://www.bizkaia.eus/Herri_Lanak/Mer/glosario.asp?Tem_Codigo=4157&idioma=CA&dpto_biz=6&codpath_biz=6|4110|8123|4157]
- Duiops – 2009 - [<http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/>]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – [<http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/menuitem.8b2d6abdbe4a374bc6144a3a180311a0/?vgnextoid=2571d95bb23d2310VgnVCM1000008130110aRCRD>]
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – [<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Aplicaciones/ficherosCuestionarios/naranja.pdf>]
- Lecuona Neumann, Antonio - Nogueira Goriba, José Ignacio- [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-termica-y-de-fluidos/acustica-tecnica/material-de-clase/Acustica_Tecnica_Tema_7.pdf]
- Let's Prevent - 2011 – [<http://www.letsprevent.com/2010/01/mediciones-ruido-%C2%BFsonometria-dosimetria/>]
- Martínez, Cristina – 2003 – [<http://www.sld.cu/saludvida/ambiente/temas.php?idv=5830>]
- Pérez de Siles Marín, Antonio Carlos - 2001- [<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/%283%29%20Tecnicas%20de%20medida/son%C3%B3metros.htm>]
- Pérez de Siles Marín, Antonio Carlos - 2001- [<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/%282%29%20Analisis%20espectral/escalas%20de%20ponderacion.htm>]
- Pozo, Javier – 2008 – [<http://fjavierpozo.blogspot.com.es/2008/10/sonometro.html>]

- Soloarquitectura- 2009 – [<http://www.soloarquitectura.com/foros/threads/lafmax.49268/>]
- Tecni Acústica Cádiz – 2009 – [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz09/Cadiz09_RDO_021.pdf]
- Universidad Politécnica de Valencia –2015 - [<http://www.ergonautas.upv.es/>]
- Wikipedia – 2015 - [<http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro>]

8. ANEXOS

8. ANEXOS

ANEXO 1

CUESTIONARIOS

a) Objeto del cuestionario:

La finalidad de este cuestionario es poder evaluar el conocimiento práctico que los alumnos del máster de prevención de riesgos laborales poseen sobre algunos de los instrumentos que están asociados a su futuro puesto de trabajo. En concreto serán objeto de análisis de este cuestionario el luxómetro y el sonómetro.

b) Información sobre el cuestionario:

El cuestionario no le ocupará más de cinco minutos.

El cuestionario está dividido en dos partes, la primera parte evalúa los conocimientos prácticos del luxómetro y la segunda los del sonómetro.

Lea detenidamente las preguntas, si tiene alguna duda no dude en preguntarla al responsable del cuestionario.

Para una mejor evaluación de los datos es necesario que responda todas las preguntas.

Gracias por su ayuda al participar en este trabajo de final de máster de prevención de riesgos laborales respondiendo este cuestionario.

CUESTIONARIO INICIAL ILUMINACIÓN - LUXÓMETRO

1. ¿Qué parámetros te permite medir un luxómetro?
 - a) nivel de iluminación, flujo luminoso, intensidad luminosa y luminancia.
 - b) contraste, reflectancia e índice de difusión de la luz.
 - c) a y b son correctas.
 - d) a y b son falsas.
2. Antes de iniciar una medición, ¿qué parámetro del luxómetro se debe revisar para verificar que la intensidad de luz es la adecuada?
 - a) resolución.
 - b) rango de medida.
 - c) hold.
 - d) precisión.
3. ¿En qué unidad de trabajo mide el luxómetro?
 - a) lux.
 - b) fc.
 - c) a y b son correctas.
 - d) a y b son falsas.
4. A la hora de analizar el área de trabajo y su entorno inmediato, la uniformidad y la diversidad de la iluminancia, ¿qué medidas escogeremos?
 - a) el máximo y el mínimo del nivel de iluminación.
 - b) la media del nivel de iluminación.
 - c) a y b son correctas.
 - d) Ninguna es correcta.
5. Al obtener la media multipunto temporizada debe tener en cuenta que el resultado estará en función de:
 - a) el tiempo.
 - b) el área de trabajo.
 - c) el número de medidas.
 - d) la resolución.
6. El parámetro que debe configurarse antes de ejecutar un almacenamiento de mediciones a intervalos fijos de tiempo es:
 - a) el tiempo de exposición de los ciclos.
 - b) el número y periodo de tiempo de los ciclos.
 - c) la resolución.
 - d) todas son correctas.
7. ¿Qué función realiza el luxómetro al presionar el PLAY en una medición de valor promedio por tiempo?
 - a) para el tiempo.
 - b) continuar el tiempo.
 - c) fijar en la pantalla el valor actual de la medición.
 - d) calcular el valor promedio.

CUESTIONARIO INICIAL ACÚSTICA - SONÓMETRO

1. Si la ficha técnica de tu sonómetro indica que es de clase 2 significa que:
 - a) permite realizar mediciones generales en los trabajos *de campo*.
 - b) permite realizar mediciones en el trabajo *de campo* con precisión.
 - c) se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
 - d) ninguna es correcta.
2. ¿Qué tipo de ponderación debe seleccionar si lo que desea es captar el valor de pico con el sonómetro?
 - a) curva de ponderación A.
 - b) curva de ponderación C.
 - c) curva de ponderación Z.
 - d) ninguna es correcta.
3. ¿Qué instrumento debería escoger para medir el nivel promedio para el periodo de la operación?
 - a) sonómetro integrador.
 - b) sonómetro de presión acústica.
 - c) dosímetro.
 - d) ninguna es correcta.
4. Si la pantalla del sonómetro indica "DOWN or LOW or UNDER" significa que:
 - a) el nivel de presión acústica es insuficiente.
 - b) el tiempo de respuesta no se ha ajustado correctamente.
 - c) la escala de medición no se ha ajustado correctamente.
 - d) ninguna es correcta.
5. ¿Qué periodo de promediación debe seleccionarse para medir correctamente las señales transitorias?
 - a) lento.
 - b) rápido.
 - c) impulso.
 - d) ninguna es correcta.
6. Realizando una medición con un sonómetro aparece en la pantalla un signo +, ¿qué significa este símbolo?
 - a) se ha de seleccionar un mayor tiempo de respuesta.
 - b) se ha de pasar a un rango de escala superior.
 - c) se ha seleccionar otro periodo de promediación.
 - d) ninguna es correcta.
7. Si la pantalla del sonómetro indica L_{AF80} , este valor indica:
 - a) el valor del tiempo de exposición en dBA y Fast.
 - b) el valor del nivel estadístico de percentil en dBA y Fast.
 - c) el valor en tercio de banda de octava de frecuencia en dBA y Fast.
 - d) ninguna es correcta.

ANEXO 2

ILUMINACIÓN / USO DEL LUXÓMETRO

1. OBJETIVOS

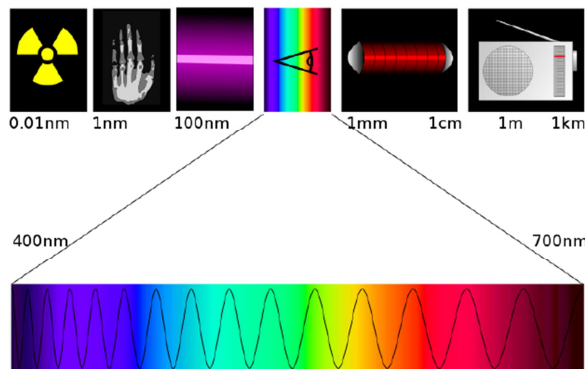
- Dotar de los conocimientos prácticos necesarios para utilizar el luxómetro y elementos afines como instrumento de apoyo y poder diseñar ambientes adecuados para la visión.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

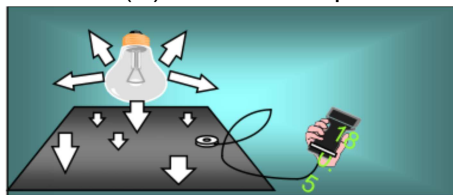
ILUMINACIÓN: Es la cantidad y calidad de luz que incide sobre una superficie. Para poder iluminar correctamente hay que tener en cuenta:

- Tarea que se va a realizar
- Edad de la persona que va a trabajar
- Características del entorno

LUZ: Es la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano.



NIVEL DE ILUMINACIÓN (E): (o iluminancia) es el flujo luminoso que incide sobre una superficie, por lo tanto es la luz emitida que cae sobre una superficie. Su unidad de medida es el lux (lx). Parámetro que mide el luxómetro.



$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2)$$

FLUJO LUMINOSO (Φ): Es la cantidad de luz (potencia radiada) que sale de un foco en forma visible en todas las direcciones. Su unidad de medida es el lumen (lm).



$$\Phi = E \times S = I \times \omega$$

INTENSIDAD LUMINOSA (I): Es la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente en una dirección dada (unidad de ángulo sólido “estereorradián”, sr), puesto que una fuente no radia la misma intensidad en todas las direcciones. Su unidad de medida es la candela. 1 cd= 1 lm / 1 sr



$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (\text{lm/sr})$$

LUMINANCIA (L): (y/o brillo) Es la intensidad luminosa emitida por unidad de superficie en una dirección dada. Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado. Es una magnitud “visible” puesto que el **deslumbramiento** es el resultado de la visión simultánea o sucesiva de zonas que tiene luminancias muy diferentes. Se expresa en cd/m^2

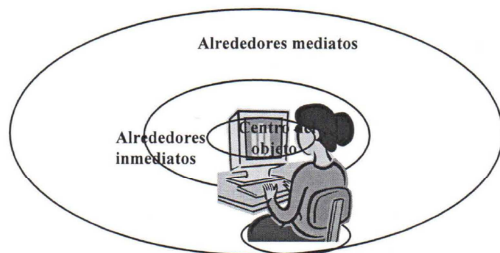
$$L = \frac{I}{S} \quad \text{o} \quad L = 0.4E$$

REFLECTANCIA (R): Es la capacidad de una superficie para reflejar la luz que proviene de los focos y desde las otras superficies del local. Se expresa en %.

$$R = [E \times (L_A / L_B)] \times 100$$

DISTRIBUCIÓN DE LA LUMINANCIA EN EL CAMPO VISUAL: Una correcta distribución disminuye la fatiga visual. Los investigadores que han estudiado este fenómeno coinciden en la conveniencia de garantizar que las condiciones visuales sean equivalentes a tres veces la agudeza visual del trabajador. Entendiendo que la agudeza visual es la medida que califica la visión por el detalle más pequeño que es capaz de percibir el ojo.

Es difícil conseguir un brillo constante en el puesto de trabajo y sus alrededores, por eso se ha establecido una relación como condición límite de 10:3:1 (o de 1:3:10) para el centro de la tarea, los alrededores inmediatos y los alrededores mediatos.



$$\begin{array}{l} \leq 10 : 3 : 1 \\ \text{ó} \\ \leq 1 : 3 : 10 \end{array}$$

CONTRASTE (C): Es la diferencia relativa de la luminancia (del brillo) entre dos superficies contiguas. Es la relación existente entre el brillo del objeto y el brillo de su fondo. La percepción de un objeto depende principalmente del contraste de luminancia y/o del color entre el objeto y el fondo sobre el que destaca. Se expresa en %.

$$C = [(L_2 - L_1) / L_1] \times 100$$

GRADO O ÍNDICE DE DIFUSIÓN DE LA LUZ (ID): Es relación entre la iluminación mínima y máxima y se expresa en %.

$$ID = (E_{\min} / E_{\max}) \times 100$$

LUXOMETRO: es el instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad del sistema internacional que utiliza es el lux (sistema internacional), aunque en algunos modelos de luxómetro también se encuentra la selección de fc, que significa “foot-candle” unidad utilizada en los Estados Unidos.

RANGO DE MEDIDA: Es el intervalo que se ha de seleccionar para que el luxómetro capte correctamente la intensidad de la luz. El rango de medida adecuado es aquel en que la señal permanece en dentro de la escala en todo momento y no se produce ninguna sobrecarga. Es importante seleccionar el rango de medida adecuado antes de comenzar a medir ya que, si se cambian el rango, el luxómetro no funcionará correctamente. Si se produce una saturación, los resultados no son correctos. Cada luxómetro indica el rango de medida en el que trabaja, los hay que solo indican un único rango y los hay en los que se debe seleccionar.

MÁX, MIN, MEDIAS: Estos valores nos los proporcionan todos los luxómetros, pero qué podemos hacer con ellos?

Al analizar la iluminación de un área de trabajo y su entorno inmediato, es preciso tener en cuenta la variancia de la iluminancia o uniformidad de la iluminancia.

$$\text{Uniformidad de la iluminancia} = \frac{\text{Iluminancia mínima}}{\text{Iluminancia media}}$$

Sobre cualquier área de trabajo y su entorno inmediato, la uniformidad no deberá ser inferior a 0,8. En muchos lugares de trabajo, es innecesario proporcionar el mismo nivel de iluminación a todas las áreas. Con la iluminación localizada o local puede ahorrarse algo de energía, pero cualquiera que sea el sistema utilizado, la variancia de la iluminancia no debe ser excesiva en un ambiente interior.

La diversidad de la iluminancia se expresa de la forma siguiente:

$$\text{Diversidad de la iluminancia} = \frac{\text{Iluminancia máxima}}{\text{Iluminancia mínima}}$$

La diversidad de la iluminancia no deberá exceder de 5:1 en ningún punto del área principal del ambiente interior. Los instrumentos utilizados para medir la luminancia y la iluminancia suelen tener respuestas espectrales que varían con respecto a la respuesta del sistema visual humano. Las respuestas se corrigen, normalmente utilizando filtros. Cuando los instrumentos incorporan filtros, se dice que disponen de corrección de color.

Los medidores de iluminancia tienen una corrección adicional que compensa la dirección de la luz que incide sobre la célula detectora. Cuando los instrumentos son capaces de medir la iluminancia con precisión desde direcciones variables de luz incidente, se dice que disponen de corrección cosenoidal.

3. PRÁCTICAS CON LUXÓMETRO REALIZADAS CON LOS ALUMNOS

El instrumento que se utiliza para medir los parámetros de iluminación es el luxómetro. Con este manual se formará al alumno en el uso de éste y en cómo utilizar los datos para obtener toda la información necesaria para poder diseñar ambientes adecuados para la visión.

A continuación se va a desarrollar paso a paso como utilizar el luxómetro para obtener los siguientes valores.

NOTA: Se va utilizar el modelo TESTO 545 pero se intentará explicar de forma genérica para poder realizar las mediciones con otros modelos.

A. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO (botón de encendido)


1. Seleccionar el rango de medida adecuado para toda la medición.

El rango de medida es el intervalo adecuado en el que la medición debe estar comprendida.

Este modelo de luxómetro dispone de dos rangos:

- a. Rango 1 entre 0 y 32.000 lux, en el luxómetro se ha de seleccionar la función que aparece LUX.
- b. Rango 2 entre 0 y 100.000 lux, en el luxómetro se ha de seleccionar la función que aparece 10LUX. La medición es el valor que refleje el display multiplicado por 10 (en mediciones exteriores es fácil superar los 32.000lux).

Para seleccionar el rango adecuado debe seguir los siguientes pasos:

1. Una vez encendido el luxómetro seleccionar OK.
2. Con la flecha  se cambia la selección entre LUX (rango 1) y 10LUX (rango 2).
3. Una vez escogido presionar OK para aceptar.












2. Seleccionar las unidades:

Se debe verificar en que unidades mide el luxómetro antes de iniciar los trabajos.

En el caso del modelo TESTO 545 este puede diferenciar entre:

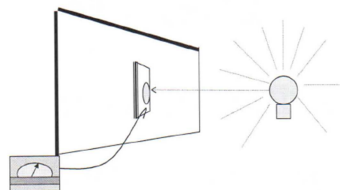
- a. Lux- Medida del sistema internacional.
- b. Fc- Medida no perteneciente al sistema internacional utilizada en EEUU.

Para seleccionar las unidades adecuadas debe seguir los siguientes pasos:

1. Con el luxómetro apagado
2. Simultáneamente presionar  + OK. Al realizar esta operación entramos en el menú de configuración del luxómetro donde se pueden modificar diferentes ítems.
 - AUTO-OFF. Para modificar auto apagado  y OK para continuar.
 - BATT-AKU. Para modificar tipo de batería  y OK para continuar.
 - DATE. Para modificar día    y OK para continuar.
 - TIME. Para modificar hora    y OK para continuar.
 - UNIT. Para modificar unidades **LUX/FC**  y OK para continuar.
 - RESET. Para modificar  y OK para continuar.
 - Menú principal.

B. NIVEL DE ILUMINACIÓN (E)

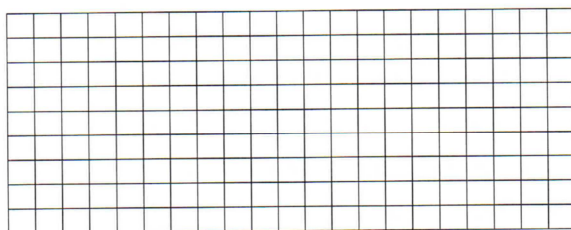
1. Situarnos en la pantalla principal del luxómetro.
2. Colocar el sensor en el lugar donde se desea captar la medida.
3. Presionar la tecla HOLD para fijar la medición.
4. Aparece en la pantalla la medida



C. FLUJO LUMINOSO

1. Situarnos en la pantalla principal del luxómetro.
2. Se calcula la media del nivel de iluminación de una superficie.
*Cálculo media multipunto manual (ver punto J)
3. Una vez tienes la media del nivel de iluminación y la superficie donde se ha calculado la media, la multiplicación de ambos parámetros es el flujo luminoso.

$$\Phi = E \times S \text{ lúmenes}$$



Se mide el nivel de iluminación E, en cada punto del área :

$$\bar{E} = 525 \text{ lux} \quad S = 2 \text{ m}^2 \quad \Phi = 1050 \text{ lúmenes}$$

D. INTENSIDAD LUMINOSA

Es el nivel de iluminación por la distancia al cuadrado entre la zona a medir y el foco.

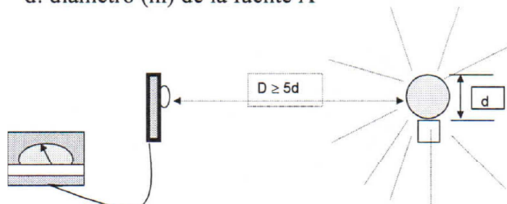
1. Situarnos en la pantalla principal
2. Realizar la medición del nivel de iluminación (ver punto B)
3. Medir la distancia entre el foco de luz y el sensor del luxómetro.
NOTA: Esta distancia debe ser al menos 5 veces el diámetro del foco luminoso
4. La multiplicación del nivel de iluminación por el cuadrado de la distancia entre el foco y el sensor es la intensidad luminosa.

$$I = E \times D^2 \text{ candela}$$

E: nivel de iluminación (lux)

D: distancia de la fuente a la celda (m) (debe ser, al menos, 5d)

d: diámetro (m) de la fuente A



Ejemplo: d = 0,10 m D = 0,50 m E = 500 lux I = 125 cd

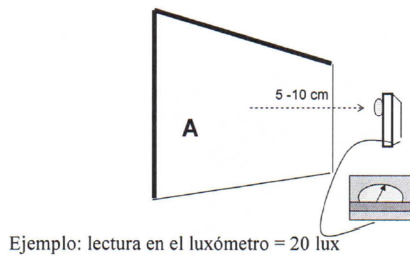
E. LUMINANCIA

Material adicional: Se requiere una cartulina.

1. Situaremos el sensor del luxómetro entre 5 y 10 cms frente a la cartulina blanca.
2. En el luxómetro nos situaremos en la pantalla principal
3. Realizar previamente la medición del nivel de iluminación (ver punto B)
4. La luminancia es 0,4 por el nivel de iluminación

A: luz reflejada por la superficie A en lux

$$L_A = 0,4 A \text{ cd/m}^2$$



Ejemplo: lectura en el luxómetro = 20 lux

$$L_A = 0,4 \times 20 = 8 \text{ cd/m}^2$$

F. REFLECTANCIA

Material adicional: Se requiere una superficie de color oscuro $\geq 35 \times 35$ cms (sirve una cartulina negra) y una cartulina blanca de superficie $\geq 35 \times 35$ cms

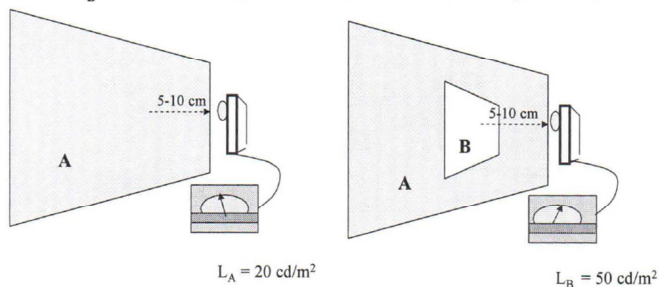
1. Situaremos el sensor del luxómetro entre 5 y 10 cms frente a la cartulina negra.
2. En el luxómetro nos situaremos en la pantalla principal
3. Realizar la medición de la luminancia (ver punto E) y obtendremos L_A
4. Colocas sobre la cartulina negra donde has medido la luminancia una cartulina blanca de 35 x 35 cms.
5. Realizar la medición de la luminancia (ver punto E) y obtendremos L_B
6. Para el cálculo de la reflectancia se aplica la siguiente formula

$$R = 0,8 \times (L_A / L_B)$$

$$R = 0,8 (L_A / L_B)$$

L_A : Luminancia de la superficie A

L_B : Luminancia de una cartulina blanca B de superficie $\geq 35 \times 35$ cm.



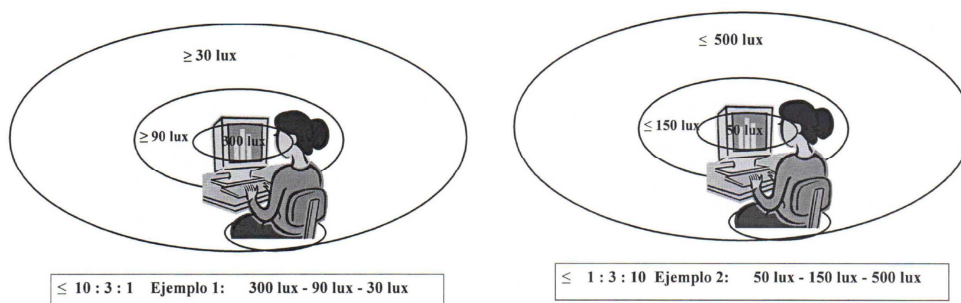
$$R = 0,8 (20 / 50) = 0,32 \quad (32\%)$$

G. DISTRIBUCIÓN DE LA LUMINANCIA EN EL CAMPO VISUAL

Para verificar si la distribución de la iluminación del campo visual es correcta se debe medir el nivel de iluminación

1. Situarnos en la pantalla principal del luxómetro
2. Realizar la medición del nivel de iluminación (ver punto B) en el centro del objeto de visión. Obtendremos la primera medición E_1 .
3. Realizar la medición del nivel de iluminación (ver punto B) en los alrededores inmediatos del objeto de visión. Obtendremos la segunda medición E_2 .
4. Realizar la medición del nivel de iluminación (ver punto B) en los alrededores mediatos del objeto de visión. Obtendremos la tercera medición E_3 .
5. Con estas tres mediciones comprobamos que la proporción se cumpla para verificar si la distribución de la luminancia en el campo visual es correcta.

10:3:1 ó 1:3:10



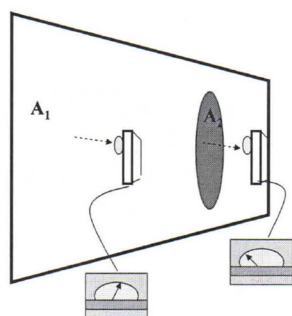
H. CONTRASTE

Material adicional: Se requiere una cartulina negra y una superficie clara (sirve una cartulina blanca).

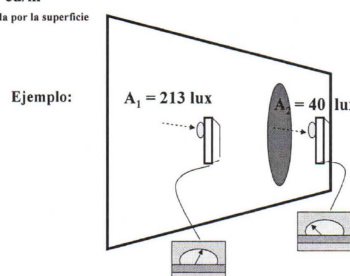
1. Medir la luminancia sobre la cartulina clara (ver punto E) y obtendremos L_1 .
2. Medir la luminancia sobre la cartulina negra (ver punto E) y obtendremos L_2 .
3. El contraste se obtiene al aplicar esta fórmula:

$$C = [(L_1 - L_2) / L_1] 100 \%$$

$L = 0,4 \text{ A cd/m}^2$
A = luz reflejada por la superficie



$L = 0,4 \text{ A cd/m}^2$
A = luz reflejada por la superficie



Ejemplo:

$$A_1 = 213 \text{ lux} \quad L_1 = 85 \text{ cd/m}^2$$

$$A_2 = 40 \text{ lux} \quad L_2 = 16 \text{ cd/m}^2$$

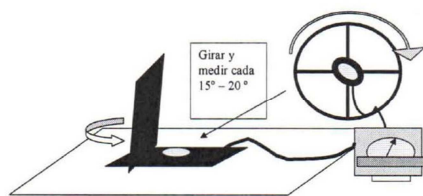
$$C = [(85 - 16) / 85] 100 \quad C = 81 \%$$

I. GRADO O ÍNDICE DE DIFUSIÓN DE LA LUZ

Material adicional: Se requiere dos cartulinas negras, un transportador de ángulos y celo.

1. Marcar el centro de la cartulina que vayas a utilizar como base.
2. Dibujar una línea horizontal y una línea vertical que pasen por el centro de la cartulina de base.
3. Con el centro del transportador de ángulos en el centro de la cartulina marcar una señal cada 20° en la cartulina de base.
4. Unir estos puntos.
5. Fijar el sensor del luxómetro en el centro de la cartulina de base con celo.
6. Colocar la segunda cartulina vertical en línea que une 0-20° (se requiere colaboración).
7. Medir el nivel de iluminación y apuntarlo.
8. Mover la segunda cartulina de la línea que une 0-20° a la línea que une 20°-40°.
9. Medir el nivel de iluminación y apuntarlo.
10. Repetir este proceso hasta que hayas completado los 360°.
11. De todas las medidas apuntadas seleccionar el valor menor y el valor mayor.
12. El índice de difusión de la luz se obtiene aplicando la siguiente formula:

$$ID = (Lectura\ menor / Lectura\ mayor) \times 100$$



3 ejemplos:

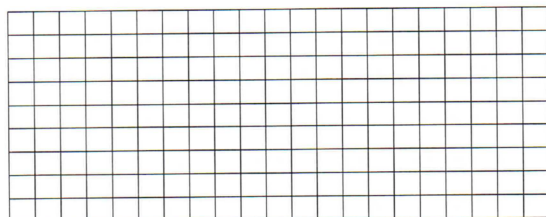
1° $ID = (300\text{ lux} / 700\text{ lux}) 100 = 23\%$

2° $ID = 500/500 = 100\%$

3° $ID = (8\text{ lux} / 500\text{ lux}) 100 = 1,6\%$

J. MEDIA MULTIPUNTO MANUAL O TEMPORIZADA

Consiste en dividir la superficie a en partes iguales la superficie a medir y guardar las mediciones para que el luxómetro nos calcule la media de esos puntos. Existen dos procedimientos manual y temporizado.

**MANUAL**

El cálculo está en función del número de puntos calculados.

1. Se enciende el luxómetro
2. Apretamos 4 veces la tecla HOLD hasta que aparece el texto MEAN en la pantalla
3. Ahora procederemos a realizar las mediciones cada vez que se pulsa la tecla OK se guarda un valor. En la fila inferior del display se indica el número de puntos acumulados.
4. Para realizar el cálculo con los puntos seleccionados pulsaremos el botón ►.
5. Aparece el texto MEAN LUX con la media y el texto MEAN NEW con el número de mediciones que componen la media.
6. Para realizar un nuevo cálculo de media pulsar OK

TEMPORIZADA



El cálculo está en función del tiempo.

1. Se enciende el luxómetro
2. Apretamos 5 veces la tecla HOLD hasta que aparece el texto START en la pantalla
3. Ahora procederemos a iniciar el tiempo en el cual se guardaran las mediciones, se pulsa la tecla OK para iniciar el tiempo.
4. Para parar el tiempo se pulsa la tecla OK.
5. Para realizar el cálculo de las mediciones registradas en el periodo de tiempo pulsaremos el botón ►.
6. Aparece el texto MEAN LUX con la media y el texto MEAN NEW con el tiempo que se ha invertido en la medición.
7. Para realizara un nuevo cálculo de media pulsar OK

K. ALMACENAMIENTO DE MEDICIONES











El luxómetro almacena mediciones a intervalos fijos de tiempo de manera MANUAL o AUTOMÁTICA.

MANUAL

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Aparece el texto MAN en la pantalla y pulsamos OK.
5. Se pulsa la tecla DISKET  para guardar una medición. Repetir el proceso tantas veces como mediciones se necesiten almacenar.
6. El número de mediciones acumuladas se indica en la pantalla M.XX.







AUTOMÁTICA

Hay que programarle el número de ciclos de medida (Cycle-N) y los intervalos de tiempo entre ciclos (Cycle).

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Para modificar almacenamiento presionar la tecla , aparece texto AUTO y pulsamos OK para aceptar.
5. Aparece el texto Cycle -N
Con las flechas    hemos de seleccionar el número deseado y pulsar OK para confirmar
6. Aparece el texto Cycle
Con las flechas    hemos de seleccionar el número deseado y pulsar OK para confirmar
7. Para iniciar el almacenamiento se pulsa la tecla DISKET 
8. Cuando  deja de parpadear ha finalizado el almacenamiento de las mediciones
La anotación almacenada por cada serie incluirá el valor mínimo, máximo y la media.

L. VISUALIZACIÓN DE MEDICIONES ALMACENADAS

El luxómetro almacena mediciones que posteriormente podemos visualizar de la siguiente manera:

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Para modificar almacenamiento presionar la tecla , aparece texto OUT y pulsamos OK para aceptar.
5. Nos indicará la localización y pulsamos OK.
6. El contador M.0x parpadeará y utilizando las flechas   seleccionar la medición deseamos visualizar pulsando OK.
7. Si la medición dispone de intervalo también se puede visualizar.
8. El contador N.0x parpadeará y utilizando las flechas   seleccionar la medición deseamos visualizar pulsando OK.

4. EJERCICIOS CON LUXÓMETRO REALIZADOS CON LOS ALUMNOS

- a. Ajusta el luxómetro para realizar una medición en el exterior. La unidad de medida será debe ser foot-candles (FC).
- b. Ajusta el luxómetro para realizar una medición en el interior. La unidad de medida será debe ser luxes (lux).
- c. Medición del nivel de iluminación sobre una superficie blanca.
- d. Medición del flujo luminoso sobre una superficie de $x \text{ m}^2$.
- e. Medición de la intensidad lumínica de un foco de diámetro $x \text{ m}$.
- f. Medición de la luminancia sobre una cartulina blanca.
- g. Calcula la reflectancia entre una superficie negra y una blanca.
- h. Verifica la distribución de la luminancia de tu puesto de trabajo.
- i. Calcula el contraste entre una superficie blanca y una negra.
- j. Calcula el grado o índice de difusión de la luz de tu puesto de trabajo.
- k. Medición de la media multipunto manual
- l. Medición de la media multipunto temporizada
- m. Almacenamiento de mediciones manualmente
- n. Almacenamiento de mediciones automáticamente
- o. Visualización de las mediciones almacenadas

5. RESOLUCIÓN EJERCICIOS CON LUXÓMETRO REALIZADOS CON LOS ALUMNOS

a. Ajusta el luxómetro para realizar una medición en el exterior. La unidad de medida será debe ser foot-candles (FC).

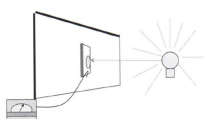
1. Con el luxómetro apagado
2. Simultáneamente presionar $\frac{1}{\circ}$ + OK. Al realizar esta operación entramos en el menú de configuración del luxómetro donde se pueden modificar diferentes ítems.
 - AUTO-OFF. OK para continuar.
 - BATT-AKU. OK para continuar.
 - DATE. OK para continuar.
 - TIME. OK para continuar.
 - UNIT. Para modificar unidades **LUX/FC** ► y OK para continuar.
 - RESET. OK para continuar.
 - Menú principal.

b. Ajusta el luxómetro para realizar una medición en el interior. La unidad de medida será debe ser luxes (lux).

1. Con el luxómetro apagado
2. Simultáneamente presionar $\frac{1}{\circ}$ + OK. Al realizar esta operación entramos en el menú de configuración del luxómetro donde se pueden modificar diferentes ítems.
 - AUTO-OFF. OK para continuar.
 - BATT-AKU. OK para continuar.
 - DATE. OK para continuar.
 - TIME. OK para continuar.
 - UNIT. Para modificar unidades **LUX/FC** ► y OK para continuar.
 - RESET. OK para continuar.
 - Menú principal.

c. Medición del nivel de iluminación sobre una superficie blanca.

1. Situarnos en la pantalla principal del luxómetro.
2. Colocar el sensor en el lugar donde se desea captar la medida.
3. Presionar la tecla HOLD para fijar la medición.
4. Aparece en la pantalla la medida. En nuestro ejemplo el nivel de iluminación es de 677 luxes con luz artificial y 262 con luz natural.

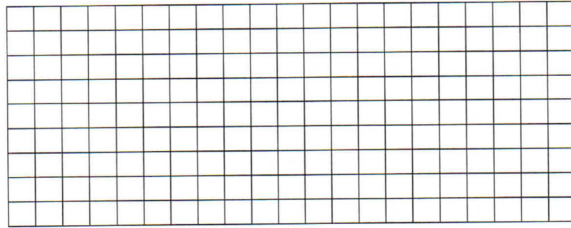


d. Medición del flujo luminoso sobre una superficie de x m².

1. Situarnos en la pantalla principal del luxómetro.
2. Se calcula la media del nivel de iluminación de una superficie.
*Cálculo media multipunto manual (ver punto J). En el ejemplo la media es de 461.
3. Una vez tienes la media del nivel de iluminación y la superficie donde se ha calculado la media, la multiplicación de ambos parámetros es el flujo luminoso.

En el ejemplo $461 \text{ luxes} \times 0.6 \text{ m}^2 = 276,6 \text{ lúmenes}$

$$\Phi = E \times S \text{ lúmenes}$$

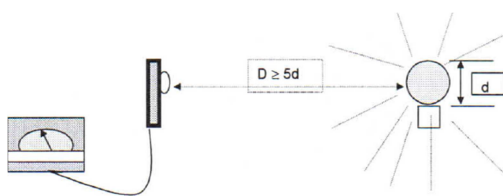


e. Medición de la intensidad lumínica de un foco de diámetro x m.

Es el nivel de iluminación por la distancia al cuadrado entre la zona a medir y el foco.

1. Situarnos en la pantalla principal
2. Realizar la medición del nivel de iluminación (ver punto B)
3. Medir la distancia entre el foco de luz y el sensor del luxómetro.
NOTA: Esta distancia debe ser al menos 5 veces el diámetro del foco luminoso
4. La multiplicación del nivel de iluminación por el cuadrado de la distancia entre el foco y el sensor es la intensidad luminosa.

$$I = E \times D^2 \text{ candela}$$



En el ejemplo de la foto:

Diámetro $d=0,18 \text{ m}$

Distancia de la fuente es aleatoria en función del plano de trabajo en nuestro ejemplo $1,75 \text{ m}$

Nivel de iluminación $E=240$

Verificación $D \geq 5d$ $175 > 5 \times 18$; $175 > 90$

$$I = 240 \times 1,75^2 = 735 \text{ cd}$$

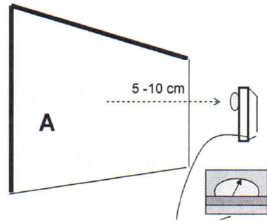
f. Medición de la luminancia sobre una cartulina blanca.

Material adicional: Se requiere una cartulina.

1. Situaremos el sensor del luxómetro entre 5 y 10 cms frente a la cartulina blanca.
2. En el luxómetro nos situaremos en la pantalla principal
3. Realizar previamente la medición del nivel de iluminación (ver punto B)
4. La luminancia es 0,4 por el nivel de iluminación

A: luz reflejada por la superficie A en lux

$$L_A = 0,4 A \text{ cd/m}^2$$



$$E = 373 \text{ lux}$$

$$L_A = 0,4 \times 373 = 149,20 \text{ cd / m}^2$$

g. Calcula la reflectancia entre una superficie negra y una blanca.

Material adicional: Se requiere una superficie de color oscuro $\geq 35 \times 35$ cms (sirve una cartulina negra) y una cartulina blanca de superficie $\geq 35 \times 35$ cms

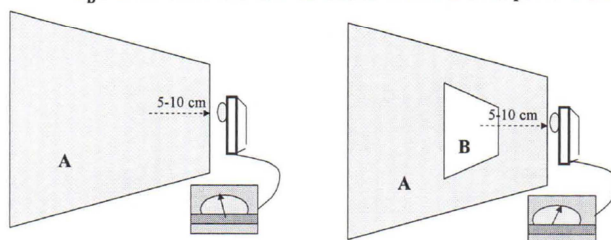
1. Situaremos el sensor del luxómetro entre 5 y 10 cms frente a la cartulina negra.
2. En el luxómetro nos situaremos en la pantalla principal
3. Realizar la medición de la luminancia (ver punto E) y obtendremos L_A
4. Colocas sobre la cartulina negra donde has medido la luminancia una cartulina blanca de 35×35 cms.
5. Realizar la medición de la luminancia (ver punto E) y obtendremos L_B
6. Para el cálculo de la reflectancia se aplica la siguiente formula

$$R = 0,8 \times (L_A / L_B)$$

$$R = 0,8 (L_A / L_B)$$

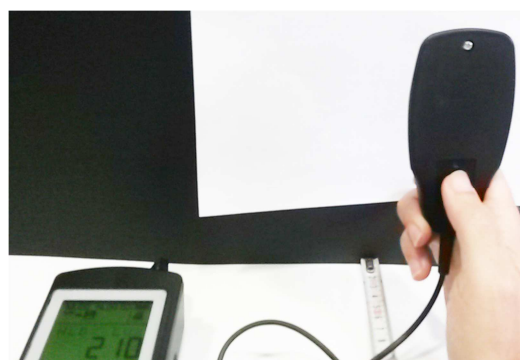
L_A : Luminancia de la superficie A

L_B : Luminancia de una cartulina blanca B de superficie $\geq 35 \times 35$ cm.



Cartulina negra $E = 39$ lux

$$L_A = 0,4 \times 39 = 15,6 \text{ cd} / \text{m}^2$$



Cartulina blanca $E = 210$ lux

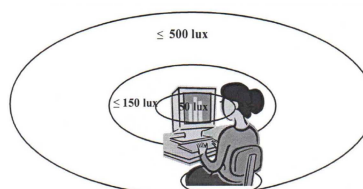
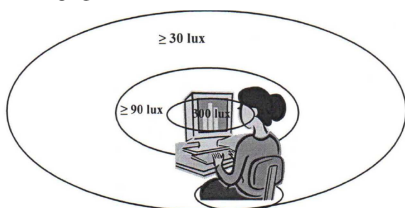
$$L_B = 0,4 \times 210 = 84 \text{ cd} / \text{m}^2$$

$$\text{La reflectancia } R = 0,8 \times (L_A / L_B) = 0,8 \times (15,6 / 84) = 0,1485 \quad 14,85\%$$

Para verificar si la distribución de la iluminación del campo visual es correcta se debe medir el nivel de iluminación

- 10:3:1

1:3:10



CENTRO DE VISIÓN

ALREDEDOR MEDIATO

Página 41 de 56

i. Calcula el contraste entre una superficie blanca y una negra.

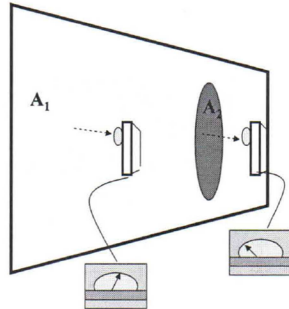
Material adicional: Se requiere una cartulina negra y una superficie clara (sirve una cartulina blanca).

1. Medir la luminancia sobre la cartulina clara (ver punto E) y obtendremos L_1 .
2. Medir la luminancia sobre la cartulina negra (ver punto E) y obtendremos L_2 .
3. El contraste se obtiene al aplicar esta fórmula:

$$C = [(L_1 - L_2) / L_1] 100 \%$$

$$L = 0,4 A \text{ cd/m}^2$$

A = luz reflejada por la superficie



Cartulina blanca $E = 110 \text{ lux}$

$$L_A = 0,4 \times 110 = 44,6 \text{ cd / m}^2$$



Cartulina negra $E = 16 \text{ lux}$

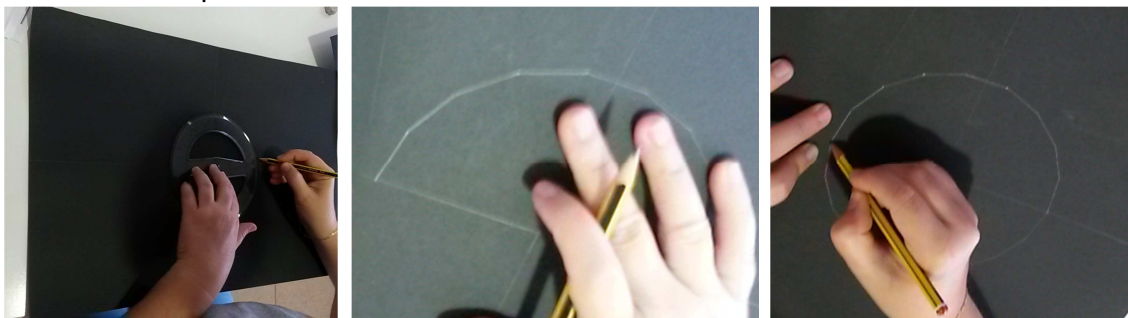
$$L_B = 0,4 \times 16 = 6,4 \text{ cd / m}^2$$

$$\text{El contraste } C = [(L_A - L_B) / L_A] \times 100 = [(44,6 - 6,4) / 44,6] \times 100 = 85,65\%$$

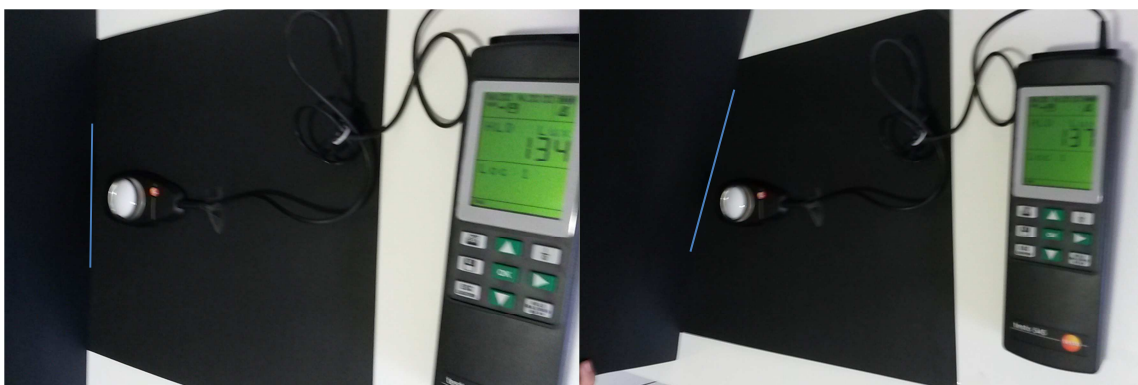
j. Calcula el grado o índice de difusión de la luz de tu puesto de trabajo.

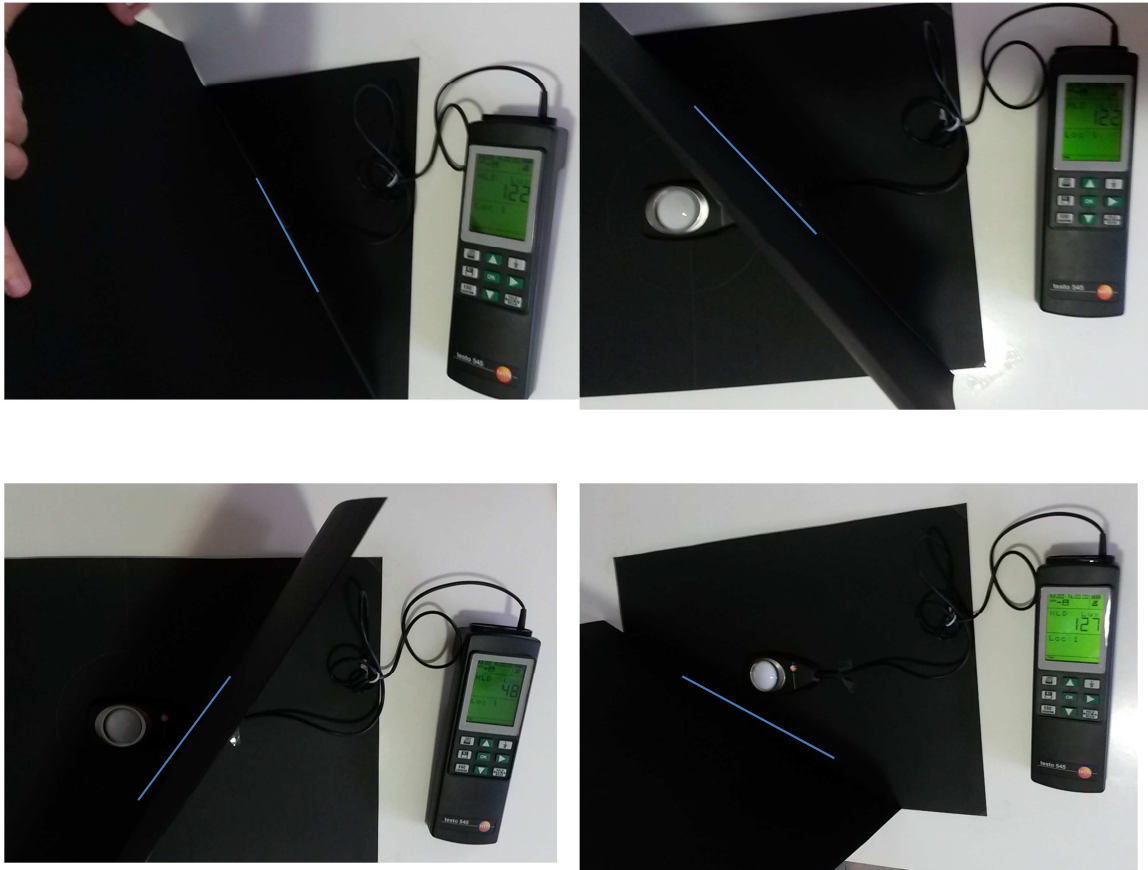
Material adicional: Se requiere dos cartulinas negras, un transportador de ángulos y celo.

1. Marcar el centro de la cartulina que vayas a utilizar como base.
2. Dibujar una línea horizontal y una línea vertical que pasen por el centro de la cartulina de base.
3. Con el centro del transportador de ángulos en el centro de la cartulina marcar una señal cada 20° en la cartulina de base.
4. Unir estos puntos.



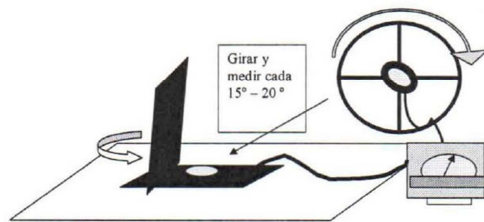
5. Fijar el sensor del luxómetro en el centro de la cartulina de base con celo.
6. Colocar la segunda cartulina vertical en línea que une $0-20^\circ$ (se requiere colaboración).
7. Medir el nivel de iluminación y apuntarlo.
8. Mover la segunda cartulina de la línea que une $0-20^\circ$ a la línea que une $20^\circ-40^\circ$.
9. Medir el nivel de iluminación y apuntarlo.
10. Repetir este proceso hasta que hayas completado los 360° .





11. De todas las medidas apuntadas seleccionar el valor menor y el valor mayor.
12. El índice de difusión de la luz se obtiene aplicando la siguiente formula:

$$ID = (\text{Lectura menor} / \text{Lectura mayor}) \times 100$$



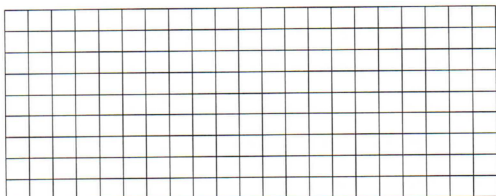
En nuestro ejemplo los datos recogidos son:

1. 134	2. 137	3. 138	4. 137	5. 132	6. 130	7. 126	8. 122	9. 119
10. 115	11. 49	12. 48	13. 55	14. 54	15. 122	16. 127	17. 130	18. 130

$$ID = (\text{Lectura menor} / \text{Lectura mayor}) \times 100 = (48/138) \times 100 = 34,78\%$$

k. Medición de la media multipunto manual

Consiste en dividir la superficie a en partes iguales la superficie a medir y guardar las mediciones para que el luxómetro nos calcule la media de esos puntos. Existen dos procedimientos manual y temporizado.



El cálculo está en función del número de puntos calculados.

1. Se enciende el luxómetro
2. Apretamos 4 veces la tecla HOLD hasta que aparece el texto MEAN en la pantalla
3. Ahora procederemos a realizar las mediciones cada vez que se pulsa la tecla OK se guarda un valor. En la fila inferior del display se indica el número de puntos acumulados.



4. Para realizar el cálculo con los puntos seleccionados pulsaremos el botón ►. En nuestro ejemplo:

1. 530	2. 502	3. 468	4. 444	5. 479
6. 521	7. 502	8. 473	9. 432	10. 400
11. 439	12. 479	13. 454	14. 425	15. 389

5. Aparece el texto MEAN LUX con la media y el texto MEAN NEW con el número de mediciones que componen la media.

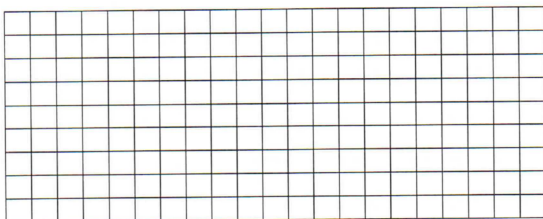


En nuestro ejemplo la media multipunto manual es 461 luxes

6. Para realizar un nuevo cálculo de media pulsar OK.

I. Medición de la media multipunto temporizada

Consiste en dividir la superficie a en partes iguales la superficie a medir y guardar las mediciones para que el luxómetro nos calcule la media de esos puntos. Existen dos procedimientos manual y temporizado.





El cálculo está en función del tiempo.

1. Se enciende el luxómetro
2. Apretamos 5 veces la tecla HOLD hasta que aparece el texto START en la pantalla
3. Ahora procederemos a iniciar el tiempo en el cual se guardaran las mediciones, se pulsa la tecla OK para iniciar el tiempo.
4. Para parar el tiempo se pulsa la tecla OK.
5. Para realizar el cálculo de las mediciones registradas en el periodo de tiempo pulsaremos el botón ►.
6. Aparece el texto MEAN LUX con la media y el texto MEAN NEW con el tiempo que se ha invertido en la medición.
7. Para realizara un nuevo cálculo de media pulsar OK

m. Almacenamiento de mediciones manualmente

El luxómetro almacena mediciones a intervalos fijos de tiempo de manera MANUAL o AUTOMATICA.











MANUAL

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Aparece el texto MAN en la pantalla y pulsamos OK.
5. Se pulsa la tecla DISKET  para guardar una medición. Repetir el proceso tantas veces como mediciones se necesiten almacenar.
6. El número de mediciones acumuladas se indica en la pantalla M.XX.

n. Almacenamiento de mediciones automáticamente







El luxómetro almacena mediciones a intervalos fijos de tiempo de manera MANUAL o AUTOMÁTICA.

Hay que programarle el número de ciclos de medida (Cycle-N) y los intervalos de tiempo entre ciclos (Cycle).

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Para modificar almacenamiento , aparece texto AUTO y pulsamos OK para aceptar.
5. Aparece el texto Cycle -N
6. Con las flechas    hemos de seleccionar el número deseado y pulsar OK para confirmar
7. Aparece el texto Cycle
8. Con las flechas    hemos de seleccionar el número deseado y pulsar OK para confirmar
9. Para iniciar el almacenamiento se pulsa la tecla DISKET 
10. Cuando  deja de parpadear ha finalizado el almacenamiento de las mediciones
11. La anotación almacenada por cada serie incluirá el valor mínimo, máximo y la media.

o. Visualización de mediciones almacenadas

El luxómetro almacena mediciones que posteriormente podemos visualizar de la siguiente manera:

1. Se enciende el luxómetro
2. Pulsamos OK para activar los ajustes de memoria
3. Se pulsa la tecla DISKET 
4. Para modificar almacenamiento , aparece texto OUT y pulsamos OK para aceptar.
5. Nos indicará la localización y pulsamos OK
6. El contador M.0x parpadeará y utilizando las flechas   seleccionar la medición deseamos visualizar pulsando OK
7. Si la medición dispone de intervalo también se puede visualizar.
8. El contador N.0x parpadeará y utilizando las flechas   seleccionar la medición deseamos visualizar pulsando OK

ANEXO 3

ACÚSTICA / USO DEL SONÓMETRO

1. OBJETIVOS

- Dotar de los conocimientos prácticos necesarios para utilizar el sonómetro y poder diseñar ambientes adecuados para el oído.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ACÚSTICA

A. SONIDO:

Es cualquier variación de la presión en el aire que pueda ser detectada por el oído humano. Cuando un cuerpo vibra, produce una perturbación mecánica en un medio elástico que se propaga a lo largo del mismo. Las partículas, sometidas a vibración, no se desplazan sino que oscilan una distancia muy pequeña en torno a su posición de equilibrio.

TIPOS DE SONIDO:

a. CONTINUO CONSTANTE: Es el proveniente de un foco que opera sin interrupción por lo que el sonido es continuo en el tiempo y además emite un sonido invariable.

b. CONTINUO INTERMITENTE: Es un ruido proveniente de un foco que opera en ciclos. Mientras está funcionando su sonido es constante, pero no es continuo en el tiempo.

c. TRANSITORIO: Es un ruido que se presenta en periodos aislados.

d. FLUCTUANTE NO PERIÓDICO: Se refiere a un ruido muy variable y aleatorio, donde puede haber muchos focos de ruido operando simultáneamente.

e. IMPULSIVO SIMPLE: Se refiere a un sonido breve y abrupto que causa sorpresa en el ser humano.

f. IMPULSIVO REPETITIVO: Es un ruido impulsivo pero que se repite en el tiempo.

B. RUIDO:

Es un sonido que nos molesta, que es indeseado y que además puede provocar una disminución de la capacidad auditiva y otros efectos no auditivos.

El umbral de audibilidad se sitúa a 0 dBA y el del dolor susceptible a romper el tímpano, a 120 dBA y/o con frecuencias altas dependiendo de cada individuo.

C. UNIDADES DE MEDIDA

DECIBELIO A dB(A): unidad de medida del ruido que toma en cuenta las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

DECIBELIO (dB): unidad complementarias utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibelio es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.

D. INSTRUMENTOS DE MEDIDA:

SONÓMETRO: Instrumento de medida destinado a las mediciones objetivas y repetitivas del nivel de presión sonora existente en un determinado lugar. Estos instrumentos se encargan de captarla mediante un micrófono, convirtiéndola a su vez en señal eléctrica para posteriormente a la salida determinar ese nivel de presión.

Por su precisión, los sonómetros se clasifican en:

- Sonómetros patrones: tipo 0
- Sonómetros de precisión: tipo 1
- Sonómetros de uso general(trabajo de campo): tipo 2
- Sonómetros de inspección: tipo 3

La norma IEC 61.672 elimina las clases 0 y 3, restando exclusivamente las clases 1 y 2. Aunque hoy en día todavía encontrareis estas tipologías en el mercado.

a. SONÓMETRO INTEGRADOR: aquellos instrumentos que miden la energía sonora durante un periodo de tiempo.

b. SONÓMETRO DE PRESIÓN ACÚSTICA: aquellos instrumentos que miden la presión sonora que cambia constantemente y lo hace en Pascales. Cuando esto se convierte a un valor dB (que resulta más fácil de mostrar en la pantalla de un sonómetro) se conoce como Nivel de Presión Sonora. De ahí se originan las siglas NPS o SPL (las últimas corresponden a la denominación de ese concepto en inglés "Sound Pressure Level").

E. PONDERACIÓN TEMPORAL: Existen cuatro posiciones normalizadas para la medición del sonido en base a la velocidad con que son tomadas las muestras:

a. LENTO (SLOW, S): valor (promedio) eficaz de aproximadamente un segundo.

b. RÁPIDO (FAST, F): valor (promedio) eficaz por 125 milisegundos. Son más efectivos ante las fluctuaciones.

c. POR IMPULSO (IMPULSE, I): valor (promedio) eficaz 35 milisegundos. Mide la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.

d. POR PICO (PEAK, P): valor de pico. Muy similar al anterior, pero el intervalo es mucho más corto entre los 50 y los 100 microsegundos. Este valor sirve para evaluar el riesgo de daños en el oído, ante un impulso muy corto pero muy intenso.

F. CURVAS DE PONDERACIÓN DE FRECUENCIA:

Se usan para que el sonómetro mida e informe de los niveles de ruido que representan lo que oímos. Son filtros electrónicos que contiene el instrumento que ajustan el modo de medición de ruido.

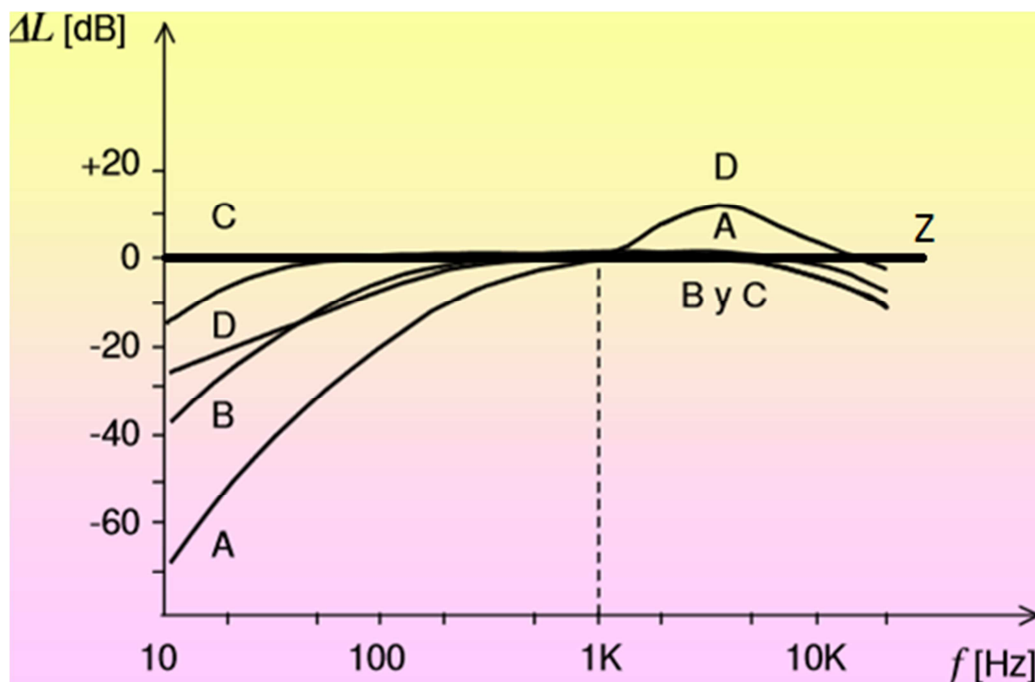
a. PONDERACIÓN A: es la estándar de las frecuencias audibles diseñadas para reflejar la respuesta al ruido del oído humano, que no es muy sensible a frecuencias bajas y altas, pero sí lo es entre 500 Hz y 6 kHz. Las mediciones hechas con ponderación 'A' se indican así "dB(A)" para informar que son decibelios ponderados en 'A'.

b. PONDERACIÓN B: ajusta las mediciones para que coincidan con la sensibilidad media del oído humano, en sus diferentes frecuencias. Es poco empleada. Una medida ponderada B representa a cómo oirá el oído humano una señal sin ponderar a niveles medios de su capacidad de audición. Las mediciones hechas con ponderación 'B' se indican así "dB(B)" para informar que son decibelios ponderados en 'B'.

c. PONDERACIÓN C: es la estándar de las frecuencias audibles usadas comúnmente para la medición del nivel de presión Sonora Peak (valor de pico). Las mediciones hechas con ponderación 'C' se indican así "dB(C)" para informar que son decibelios ponderados en 'C'.

d. PONDERACIÓN D: es una curva de ponderación pensada específicamente para medir ruido en aviones. Destaca por una enfatización entre 1 y 10 kHz. En baja frecuencia guarda cierta similitud a la curva de ponderación B, que intenta imitar la sensibilidad del oído humano en nuestra capacidad media auditiva, a medio camino entre el umbral de audibilidad (que imita la curva A) y el umbral del dolor (que imita la curva C). Las mediciones hechas con ponderación 'D' se indican así "dB(D)" para informar que son decibelios ponderados en 'D'.

e. PONDERACIÓN Z: es una respuesta de frecuencia plana entre 10Hz y 20kHz ± 1.5 dB excluyendo la respuesta de micrófono. Las mediciones hechas con ponderación 'Z' se indican así "dB(Z)" para informar que son decibelios ponderados en 'Z'.

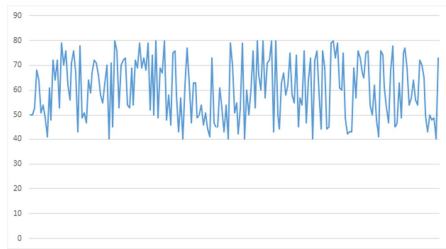


G. MÉTODOS DE CÁLCULO

Sin entrar en las especificaciones técnicas ni demasiado desarrolladas; a modo de definiciones básicas:

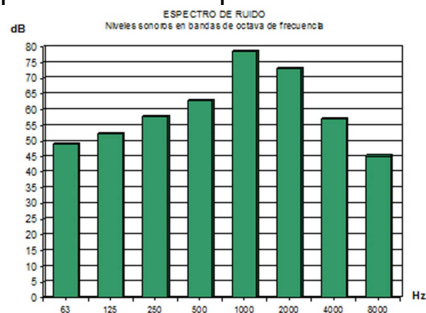
1. NIVEL DE EXPOSICIÓN SONORA: es la cantidad proporcional de energía acústica que está presente en un punto durante cierto periodo de tiempo

Imaginemos un nivel de ruido variable dibujado como una línea continua en una gráfica. Esta línea variable representa la presión sonora que cambia constantemente y que el micrófono del sonómetro mide y lo hace en Pascales.



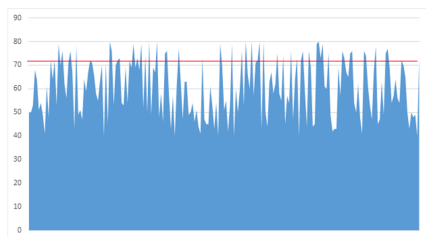
El área de debajo de la línea en la gráfica representa la energía acumulada durante el periodo de medición. Al usar la función matemática de integración podemos calcular este área y con ello la energía sonora.

2. NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA EN FRECUENCIAS: corresponde al nivel de presión sonora L_p extendido al campo de las frecuencias audibles



3. NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA CON PONDERACIÓN A - L_A : es el nivel de presión sonora establecido mediante el empleo de la curva de ponderación A. Se representa por

4. NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE L_{eq} : es el nivel, en dBA de un ruido constante correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado y durante un periodo de tiempo T. Se basa en una ponderación de tiempo uniforme.



Para obtener un valor L_{eq} , o nivel continuo equivalente, necesitamos dividir la exposición sonora entre la duración de la medición. Así obtendremos el promedio de la exposición sonora del tiempo de medición y el L_{eq} .

5. INCERTIDUMBRE: es un parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pueden atribuirse razonablemente a lo medido.

A la hora de expresar el resultado de la medición de una magnitud física, es obligado dar alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de forma que quienes lo utilicen puedan evaluar su idoneidad.

3. PRÁCTICAS CON SONÓMETRO REALIZADAS CON LOS ALUMNOS

El instrumento que se utiliza para medir los parámetros de la acústica es el sonómetro. Con este manual se formará al alumno en el uso de éste.

A continuación se va a desarrollar paso a paso como utilizar el sonómetro.

NOTA: Se va utilizar el modelo CESVA SC-2C.

A. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

1. Verificación de limitaciones.

En el manual del sonómetro te indica las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa y presión atmosférica) y los márgenes de error que puede registrar el sonómetro en caso de mediciones por encima de estas condiciones.

2. Verificación micrófono.

Antes de iniciar cualquier medición se debe verificar que el micrófono está perfectamente enroscado utilizando sólo los dedos, no deben utilizarse herramientas.

3. Posicionamiento del sonómetro

Cuando las mediciones se efectúen al aire libre, se debe colocar sobre el micrófono la pantalla antiviento suministrada ya que el viento puede producir un fuerte ruido.

Cuando se efectúen mediciones sosteniendo el sonómetro con la mano se debe hacer con el brazo extendido. Para evitar interferencias, se recomienda el uso de un trípode.

4. Seleccionar el rango de medida adecuado para toda la medición.

El rango de la medición acústica debe ser el adecuado a la medición y a las circunstancias a medir. El sonómetro utilizado dispone de una única escala que está comprendida entre 0dBA y 130,0dBA.

5. Seleccionar del modo de ponderación para toda la medición.

La curva de ponderación es el filtro que ajusta el modo de medición.

Este modelo de sonómetro solo dispone de una única ponderación (A).

6. Seleccionar del tiempo de respuesta

La ponderación temporal es el filtro que ajusta el tiempo de respuesta.

Este modelo de sonómetro nos permite escoger entre ponderación rápida (L_{AF}) y lenta (L_{AS}).

7. Calibración

Es aconsejable calibrar el sonómetro antes y después de cada medición.

B. MEDICIÓN

1. Seleccionamos tiempo de respuesta (LAF o LAS).
2. Se enciende el sonómetro (PALANCA en posición ON).
3. Esperamos a que salga el nombre del modelo del sonómetro y a continuación se inicia la medición; en la pantalla aparece RUN y el valor de la función seleccionada.
4. Para parar la medición apretar el botón STOP. La pantalla parpadeará.

NOTA: Si se vuelve a pulsar el botón RUN se inicia una nueva medición y se pierden los resultados de la medición anterior.

C. VISUALIZACIÓN DE LAS DIFERENTES FUNCIONES

Este sonómetro procesa todas las funciones disponibles a la vez aunque solo muestra la que se haya seleccionado en pantalla. Al finalizar la medición se pueden consultar todas las funciones así como sus valores máximos.

1. Una vez se ha parado la medición apretando el botón STOP y la pantalla ha dejado de parpadear.
2. Moviendo la palanca LAF o LAS obtenemos:
 - a. L_{AF} : Promediado exponencial rápido de 125ms , en dBA
 - b. L_{AS} : Promediado exponencial lento de 1s , en dBA
3. Pulsando el botón MAXIMUM indica el valor máximo medido en el tiempo de exposición. También recoge el dato en función de la ponderación del tiempo de respuesta.

4. EJERCICIOS CON SONÓMETRO REALIZADOS CON LOS ALUMNOS

- a. Ajusta el sonómetro para realizar una medición con promediación en el tiempo rápida.
- b. Ajusta el sonómetro para realizar una medición con promediación en el tiempo lenta.
- c. Realiza una medición de 10 segundos con promediación en el tiempo rápida.
- d. De la medición anterior obtener el valor máximo de la medición con promediación en el tiempo rápida.
- e. De la medición anterior obtener los datos con promediación en el tiempo lenta.

5. RESOLUCIÓN EJERCICIOS CON SONÓMETRO REALIZADOS CON LOS ALUMNOS

a. Ajusta el sonómetro para realizar una medición con promediación en el tiempo rápida.

Colocar la palanca L_{AF} o L_{AS} en posición L_{AF}

b. Ajusta el sonómetro para realizar una medición con promediación en el tiempo lenta.

Colocar la palanca L_{AF} o L_{AS} en posición L_{AS}

c. Realiza una medición de 10 segundos con promediación en el tiempo rápida.

1. Colocar la palanca L_{AF} o L_{AS} en posición L_{AF}
2. Se enciende el sonómetro (PALANCA en posición ON).
3. Esperamos a que salga el nombre del modelo del sonómetro y a continuación se inicia la medición; en la pantalla aparece RUN y el valor de la función seleccionada.
4. 10 segundos después.
5. Parar la medición apretando el botón STOP. La pantalla parpadeará.

d. De la medición anterior obtener el valor máximo de la medición con promediación en el tiempo rápida.

1. Una vez se ha parado la medición apretando el botón STOP y la pantalla ha dejado de parpadear.
2. Moviendo la palanca L_{AF} o L_{AS} obtenemos:
 L_{AF} : Promediado exponencial rápido de 125ms, en dBA
3. Pulsando el botón MAXIMUM indica el valor máximo medido en el tiempo de exposición.

e. De la medición anterior obtener los datos con promediación en el tiempo lenta.

NOTA: No se debe volver a calcular, el sonómetro almacena los datos de los dos tipos de promediación en el tiempo que mide, por lo tanto solo se deben visualizar los datos.

1. Una vez se ha parado la medición apretando el botón STOP y la pantalla ha dejado de parpadear.
2. Moviendo la palanca L_{AF} o L_{AS} obtenemos:
 L_{AS} : Promediado exponencial lento de 1s, en dBA
3. Pulsando el botón MAXIMUM indica el valor máximo medido en el tiempo de exposición.